

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**SOMA - SISTEMA ORGÂNICO DE MANUFATURA  
AUTÔNOMA: UMA NOVA ABORDAGEM DISTRIBUÍDA  
PARA O GERENCIAMENTO DO CHÃO DE FÁBRICA**

**TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA PARA  
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**HERMAN AUGUSTO LEPIKSON**

**FLORIANÓPOLIS, MARÇO DE 1998**

## **Biografia**

**Herman Augusto Lepikson**

Professor adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica da UFBA -  
Universidade Federal da Bahia.

Mestre em Engenharia Mecânica pela UFSC - Universidade Federal de Santa  
Catarina, em 1990.

Coordenador do Laboratório de Automação e Metrologia Industrial da UFBA,  
1990-1993.

Principais áreas de interesse acadêmico:

Integração da manufatura;

Planejamento e controle da produção;

Engenharia da qualidade em manufatura;

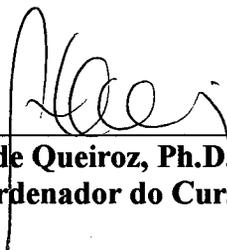
Aplicações industriais da computação.

**SOMA - SISTEMA ORGÂNICO DE MANUFATURA AUTÔNOMA: UMA NOVA  
ABORDAGEM DISTRIBUÍDA PARA O GERENCIAMENTO DO CHÃO DE FÁBRICA**

**HERMAN AUGUSTO LEPIKSON**

**ESTA TESE FOI JULGADA APTA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
DOUTOR EM ENGENHARIA**

**ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA E APROVADA EM SUA FORMA  
FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

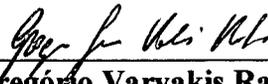


**Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D. – Orientador  
Coordenador do Curso**

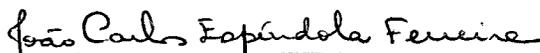
**BANCA EXAMINADORA**



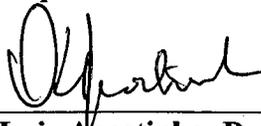
**Carlos Frederico Bremer, Dr. (USP/EESC)**



**Gregório Varvakis Rados, Ph.D. (UFSC)**



**João Carlos Spíndola Ferreira, Ph.D. (UFSC)**



**Oswaldo Luiz Agostinho, Dr. (UNICAMP)**

A

Fátima, Pedro, Alexandra e João,

Que dedicaram parte de suas vidas para que eu realizasse um sonho.

Que o esforço e o sacrifício de vocês tenha valido a pena,

Que a experiência tenha nos ajudado a crescer.

## AGRADECIMENTO

Trabalhar numa tese certamente nos traz sentimentos ambíguos. Alternam-se momentos de motivação e desilusão, perseverança (quando não teimosia) e desilusão, grandeza e pequenez, paixão e desesperança...

Por mais técnico e pretensioso que o trabalho possa parecer, esses sentimentos acabam permeando o seu sentido e conteúdo. Afinal, é o resultado, colocado em papel, das nossas forças e fraquezas, tipicamente humanas. Um resultado certamente bem pequeno, contextualizado, que contém uma pergunta que atormentou durante todo o trabalho: afinal, qual a contribuição de nossa tese? Nada mais natural que a resposta também traga sentimentos ambíguos de realização e frustração.

Felizmente, a frustração é solitária porque os sonhos e pretensões não alcançados só a nós atormenta. Por outro lado, a realização é solidária, principalmente quando se avalia a contribuição dada por tantas pessoas que nos ajudaram ao longo do processo de construção.

A contribuição silenciosa de quem, em casa, participou de nossas angústias, ouviu nossas lamúrias e nos deu apoio, compreensão, carinho e conforto. Fátima, que me acompanha há tempos e já se tornou *expert* em compreender sem se preocupar em tudo entender. Pedro, Alexandra e João, que sacrificaram um pouco de suas infâncias para eu ter sempre presente a necessidade do futuro.

A atuação orientadora e crítica de quem se permitia devanear nos meus sonhos, mas também sabia chamar à realidade nos momentos certos. Abelardo, mais do que orientador, demonstrou ser um amigo sempre presente.

A participação alegre mas efetiva dos bolsistas de iniciação científica, que souberam assumir suas responsabilidades no trabalho. Fábio e Daisy, cada um a seu modo, e com suas diferentes atribuições, trouxeram alegria, espírito de grupo e trabalho criativo que se refletiu na tese.

A ausência motivadora dos colegas da UFBA que, a despeito das dificuldades existentes, assumiram a minha carga de atribuições e me animaram para que este trabalho de tese fosse feito. Particularmente, Inoir e Geraldo, que seguraram e assumiram várias encargos que não eram suas para me ajudar enquanto eu estava longe.

A influência crítica dos que deram sua colaboração pessoal. Alexandra Klen, pelas suas revisões e questionamentos que permitiram ajustar partes importantes do trabalho.

A ajuda financeira da CAPES e do programa PICDT da UFBA, sem a qual este trabalho simplesmente não se viabilizaria.

A força que encontramos diuturnamente nos laboratórios, bibliotecas, corredores. Os muitos colegas, funcionários e amigos que ajudaram a amenizar o dia-a-dia do trabalho trazendo idéias, alegria e descontração.

Enfim, a todos que, talvez mesmo sem saber, contribuíram para que este trabalho chegasse a bom termo, espero que ele possa oferecer uma mínima retribuição no que ele servir para melhorar um pouquinho este mundo em que vivemos.

Muito obrigado!

## SUMÁRIO

Biografia .....	ii
Aprovação .....	iii
Dedicatória .....	iv
Agradecimento .....	v
Sumário .....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas .....	xiii
Glossário de Termos .....	xiv
Glossário de Acrônimos .....	xvii
Glossário de Siglas .....	xix
Resumo .....	xxii
Abstract .....	xxiii
<b>1 Introdução .....</b>	<b>01</b>
1.1 Contexto e Definição do Problema .....	02
1.2 O Produto da Tese .....	03
1.2.1 A Oportunidade do Tema .....	04
1.2.2 Condições de Contorno do Problema .....	05
1.3 Organização da Tese .....	06
<b>2 A Situação Atual da Manufatura .....</b>	<b>08</b>
2.1 Elementos Transformadores da Indústria de Manufatura .....	11
2.1.1 Globalização e Fragmentação dos Mercados .....	11
2.1.2 Interferência de Elementos Exógenos .....	12
2.1.3 Orientação para o Cliente .....	12
2.1.4 Incorporação de Informações e Serviços nos Produtos .....	13
2.1.5 Dinamismo Intrínseco .....	14
2.1.6 Reorientação das Prioridades .....	15
2.2 Estruturas e Técnicas Básicas de Organização da Moderna Manufatura .....	16
2.2.1 Planejamento de Recursos da Manufatura .....	16
2.2.2 JIT- <i>Just-In-Time</i> .....	18
2.2.3 Teoria das Restrições .....	19

2.2.4	Controle Total da Qualidade .....	19
2.2.5	Células Flexíveis de Manufatura .....	20
2.3	As Tendências mais Recentes .....	22
2.3.1	Manufatura “Enxuta” .....	25
2.3.2	Fábrica Focalizada .....	26
2.3.3	Manufatura Virtual e Estendida .....	28
2.3.4	Estratégia do Tempo .....	30
2.3.5	Manufatura Distribuída .....	33
2.4	Comentários Acerca dos Diversos Conceitos .....	36
3	Bases Teóricas do Modelo .....	40
3.1	Autonomia e Competências Essenciais .....	40
3.2	O Modelo de Negociação .....	43
3.3	Custos na Manufatura .....	48
3.4	Avaliação de Desempenho .....	50
3.5	O Problema da Modelagem em Manufatura .....	53
3.5.1	O Modelo do NIST .....	55
3.5.2	O Modelo de Purdue .....	56
3.5.3	O Modelo GRAI .....	57
3.5.4	O Modelo CIMOSA .....	58
3.5.5	O Padrão STEP .....	60
3.5.6	Modelos Descritivos Comportamentais .....	61
3.5.7	Modelos de Avaliação .....	64
3.6	A Modelagem Orientada a Objeto .....	65
4	O Sistema Orgânico de Manufatura Autônoma – SOMA .....	68
4.1	O Modelo Orgânico e Autônomo .....	69
4.2	O Modelo do SOMA .....	73
4.2.1	Distribuição e Autonomia .....	80
4.2.2	As UNPs e UNSs - Unidades de Negócios Produção e Serviço .....	81
4.2.3	As UNMs - Unidades de Negócio Mercado .....	85
4.3	Coordenação entre UNs .....	86
4.3.1	Coordenação das Relações na Negociação .....	87
4.3.2	Padronização para Coordenação .....	87
4.4	Desenvolvimento de Produtos e seus Componentes .....	88

4.5	A Lógica de Negociação .....	91
4.6	A Construção da Lógica de Negociação .....	93
4.7	A Função Objetivo .....	97
4.7.1	O Componente Qualidade .....	99
4.7.2	O Componente Preço .....	102
4.7.3	O Componente Prazo de Entrega .....	105
4.8	Avaliação e Confirmação das Propostas .....	106
4.9	Premiação .....	107
5	Custo e Desempenho no SOMA .....	108
5.1	O Modelo de Custos do SOMA .....	110
5.1.1	Distribuição dos Custos por Atividades .....	110
5.1.2	Gerenciamento dos Dados de Desempenho Econômico .....	116
5.2	Avaliação de Desempenho no SOMA .....	117
5.2.1	Avaliação Externa de Desempenho .....	117
5.2.2	Avaliação Interna de Desempenho .....	118
5.3	Bases Gerais de Cálculo do Sistema de Avaliação .....	119
5.4	Avaliação Individual das UNs no Cumprimento dos Contratos .....	122
5.4.1	Situação de Conjunto a partir do Desempenho Individual das UNs .....	123
5.4.2	Objetivos do Índice de Desempenho .....	125
5.4.3	Segmentação do Índice de Desempenho para $Q_r$ e $T_r$ .....	126
5.5	Avaliação Individual das UNs na Submissão de Propostas .....	126
5.6	Avaliação do Conjunto das UNs no Cumprimento de Contratos .....	128
5.6.1	Análise Histórica .....	128
5.6.2	Análise por Produto .....	130
5.7	Avaliação do Conjunto das UNs na Submissão de Propostas .....	131
6	Modelagem Formal do SOMA .....	133
6.1	O Modelo Estático do SOMA .....	134
6.1.1	A Modelagem pela Análise Orientada a Objeto .....	135
6.1.2	Modelo Estático do SOMA pela Análise Orientada a Objeto .....	137
6.2	O Modelo Dinâmico do SOMA .....	144
6.2.1	A Fábrica de Redutores .....	144
6.2.2	Modelo Dinâmico da Fábrica de Redutores .....	147
6.2.3	Estudo de Caso .....	151

6.2.4 Resultados .....	160
7 Conclusão .....	162
8 Referências Bibliográficas .....	170
Anexos .....	194
I Caso Exemplo de UAN Gestora de Contratos de Redutores .....	195
II Modelo Dinâmico do SOMA por Simulação Computacional .....	199
III Planilha Utilizada para Validação Matemática do Modelo Dinâmico do SOMA .....	238

## Índice de Figuras

Figura 2.1- Delimitação da FMC no Espectro da Manufatura .....	22
Figura 3.1 - Arquitetura Organizacional Hierárquica da Manufatura .....	57
Figura 3.2 - Modelo de Representação da Manufatura do Grupo de Purdue .....	58
Figura 3.3 - Representação do Modelo GRAI .....	59
Figura 3.4- Modelo de Referência CIMOSA .....	60
Figura 3.5 - Esquema Básico do Diagrama IDEF .....	64
Figura 3.6 - Esquema Básico das Redes de Petri .....	65
Figura 3.7 - Espectro de Abrangência das Ferramentas de Modelagem .....	69
Figura 4.1- Localização do SOMA no Espectro dos Sistemas de Manufatura .....	73
Figura 4.2- Estrutura Característica do SOMA .....	75
Figura 4.3- Arquitetura Básica do SOMA .....	78
Figura 4.4- Estrutura Organizacional do SOMA e seu Fluxo de Informações .....	83
Figura 4.5- Estrutura Organizacional da UNP e seu Fluxo de Informações .....	85
Figura 4.6- Estrutura Funcional de uma UNP .....	86
Figura 4.7- Arquitetura e Funcionalidade do Planejamento e Execução dos Processos ..	94
Figura 4.8 - A Lógica de Negociação .....	97
Figura 4.9 - Elementos Básicos do Processo de Tomada de Decisão para Elaboração de Propostas .....	98
Figura 4.10 - Curva Característica do Componente $Q$ .....	103
Figura 4.11- Curva Característica do Componente $C$ .....	106
Figura 4.12- Curva Característica do Componente $T$ .....	109
Figura 5.1 - Entradas e Saídas Elementares de uma UN .....	111
Figura 5.2 - Ilustração dos Fluxos Econômicos entre UNs de um SOMA .....	112
Figura 5.3 - Modelo do Sistema de Custos do SOMA .....	118
Figura 5.4 - Estrutura Básica do Sistema de Avaliação Externa do SOMA .....	122
Figura 5.5 - Gráfico de Acompanhamento $Vr \times n$ .....	127
Figura 5.6 - Ilustração da Distribuição das UNs pelo Índice de Desempenho $I_D$ .....	128
Figura 5.7 - Distribuição dos Desempenhos Individuais nas Chamadas de Proposta ...	131
Figura 5.8 - Representação dos Gráficos de Média $\bar{V}_s \times f$ e de Dispersão $S_s \times f$ .....	134
Figura 6.1 - Objetos e suas Relações em uma UN .....	139

Figura 6.2 - Notação Adotada na Modelagem do SOMA .....	140
Figura 6.3 - Diagrama Geral das Relações entre Classes de Objeto do Domínio do SOMA .....	143
Figura 6.4 - Detalhamento do Domínio do SOMA (primeira parte) .....	144
Figura 6.5 - Detalhamento do Domínio do SOMA (segunda parte) .....	145
Figura 6.6 - Detalhamento do Domínio do SOMA (terceira parte) .....	146
Figura 6.7 - Interação com Outros Sistemas e Gerenciamento de Dados do SOMA ...	147
Figura 6.8 - Interface Homem-Sistema do SOMA .....	148
Figura 6.9 – Representação Gráfica, por Simulador, da Fábrica de Redutores .....	150
Figura 6.10 - Fluxo Padrão do Processo de Produção dos Redutores .....	151
Figura 6.11 - Fábrica de Redutores: Fase de Emissão das Chamadas de Proposta .....	153
Figura 6.12 - Fábrica de Redutores: Recepção e Análise das Propostas, Entrega de Lotes Prontos .....	153
Figura 6.13 - Cenário 01 da Simulação da Fábrica de Redutores .....	160

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Comparação entre as Eras de Produção em Massa e Atual . . . . .	08
Tabela 2.2- Comparação das Características dos Conceitos de Arquitetura Distribuída	37
Tabela 3.1 - Vertentes da Autonomia na Manufatura e seus Elementos Fundamentais .	41
Tabela 4.1 - Configuração do Componente Qualidade (com exemplos para UNP e UNS). . . . .	104
Tabela 4.2 - Níveis da Qualidade Exigida $G$ e Valores de Capabilidade $A$ Aplicados a $Q_{p,r}$ . . . . .	105
Tabela 5.1 - Distribuição dos Recursos Geradores de Custo e sua Base de Rateio . . . . .	116
Tabela 5.2 - Relação de Atividades e suas Ocorrências nas UNs . . . . .	119
Tabela 5.3 - Tipos de Medidas de Avaliação de Desempenho do SOMA . . . . .	123
Tabela 5.4 - Valores Corrigidos de $s$ em Função de $n$ . . . . .	125
Tabela 5.5 - Quadro de Desempenho das UNs na Chamadas de Proposta . . . . .	132
Tabela 6.1 - Lista de Materiais (quantidade) da Linha de Redutores Produzida no SOMA. . . . .	152
Tabela 6.2 - Capacidades Relativas das UNPs . . . . .	155
Tabela 6.3 - Parâmetros Gerais para Simulação dos Cenários . . . . .	158
Tabela 6.4 - Parâmetros da Qualidade Utilizados para Simulação dos Cenários . . . . .	159
Tabela 6.5 - Resumo dos Dados de Produção dos Cenários 02 e 03 . . . . .	163
Tabela 6.6 - Resumo dos Dados de Produção do Cenário 08 . . . . .	164
Tabela 6.7 - Resumo dos Dados de Desvio da Demanda do Cenário 09 . . . . .	165

## Glossário

### de Termos, Acrônimos e Siglas Utilizados no Texto

Segue um conjunto de definições básicas e genéricas que auxiliarão na leitura e interpretação deste trabalho. Ele serve para estabelecer e uniformizar alguns conceitos que serão importantes e recorrentes ao longo do texto. Termos mais específicos serão definidos ao longo do próprio trabalho. O glossário das siglas serve de referência rápida para orientar os que lêem o texto de forma não linear.

#### Definições de Termos

**Capacidade:** condição que dado equipamento ou **sistema** tem para atender aos volumes requeridos por um **processo** em um determinado tempo.

**Capabilidade:** condição que dado equipamento ou grupo de equipamentos tem para atender às especificações da qualidade definidas para um **processo**. O *Cpk* é uma medida de capabilidade utilizada pelo CEP.

**Colaborador:** aquele que colabora, que coopera, co-autor (Ferreira, 1986). Termo empregado no texto para se referir à participação humana nas atividades produtivas, de acordo com uma relação formal com a **organização**. Este termo é adotado em substituição aos passivos e excludentes “recurso humano”, “capital humano”, “trabalhador” ou, pior, “mão-de-obra” (**colaborador**, no presente contexto, estaria mais assemelhado a “mente-de-obra”). Fica clara a necessidade de se entender o elemento humano, no contexto atual do trabalho na manufatura, como também ativo, criativo, determinante dos **processos**, em adição às atividades rotineiras que ele conduz.

**Cliente:** aquele que se beneficia do **produto** ou **serviço** da **empresa** e que é diretamente afetado por ele. Em ambiente de qualidade total, aceita-se que o cliente também afeta o produto.

**Controle:** capacidade de manter processos dentro dos limites planejados através de atividades de supervisão (monitoramento, coleta e tratamento de informações) e realimentação (correção para ajuste aos objetivos determinados).

**Empresa:** caso particular de **organização** cujo objetivo é fornecer **produtos** ou **serviços** que interessam à coletividade mediante remuneração. Remuneração, segundo Ferreira (1986), significa pagamento, prêmio ou recompensa. Esta observação é importante porque no conceito defendido por este trabalho, as **unidades** podem ser enquadradas como empresas.

**Gerenciamento:** processo de integração de recursos visando tentar atingir os objetivos de uma organização. As principais funções gerenciais são o planejamento e o controle.

**Indústria:** será entendida, neste trabalho, na acepção definida por Porter (1991), ou seja, como o conjunto de empresas que produzem produtos similares e que, portanto, concorrem entre si.

**Lógica de Negociação:** lógica utilizada na tese para orientar as transações entre as unidades. Lógica pode ser entendida como um conjunto de estudos para expressar, em linguagem matemática, estruturas e operações do pensamento com a intenção de criar uma linguagem rigorosa, adequada ao pensamento científico; seqüência coerente, regular e necessária de acontecimentos (Ferreira, 1986)

**Manufatura:** do latim *manus* + *factus*, significaria “feito a mão”. Aplica-se aqui o termo ao conjunto de processos físicos ou químicos utilizados, com aplicação de energia, para agregar valor a produtos. Por simplificação, ao longo do texto o termo manufatura também se estenderá, a depender do contexto, a “empresa de manufatura”.

**Meio Ambiente:** refere-se a tudo que não está compreendido dentro da empresa. Mercado, (clientes, concorrentes e fornecedores), nesse contexto, são parte do meio ambiente. São partes integrantes ainda: governo, grupos de interesse, instituições financeiras, associações, etc. O meio ambiente pressiona continuamente a empresa, através das exigências dos mercados e das restrições impostas por regulamentações, escassez de recursos, e assim por diante. Por outro lado, o meio ambiente também absorve os produtos e serviços, além de oferecer oportunidades a serem exploradas pela empresa.

**Método:** modo de proceder definido por regras formais (padrões escritos) ou informais (padrões culturais ou de comportamento).

**Organização:** além das definições convencionais relacionadas ao ato de organizar, é também aqui entendida como qualquer entidade formalmente criada reunindo sistemas com o propósito de atender a designios específicos da comunidade (ver também empresa).

**Processo:** sucessão de estados ou de mudanças decorrentes da aplicação de métodos e técnicas definidas. Um processo pode conter uma ou mais tarefas.

**Processo de produção:** sucessão de mudanças ou de estados tecnológicos em um sistema de produção (ver processo), ou seja, que faz uso dos recursos, ao longo de determinado tempo, para agregar valor a produtos ou serviços.

**Produção:** ato de criar utilidade ou de aumentar o valor econômico em **produtos** ou **serviços** através de **processos** que fazem uso de **recursos**.

**Produto:** é o resultado do esforço da **empresa** em colocar disponível aos **clientes** bens tangíveis que lhes são úteis e que tem valor econômico. O valor é calculado pela relação entre o que o produto oferece e o que ele custou para ser produzido e colocado disponível aos clientes. Produtos se distinguem de **serviços** por serem, estes últimos, bens intangíveis.

**Recurso:** qualquer material, energia, dinheiro ou informação que seja necessário para execução de uma **tarefa**. Na denominação clássica, inclui também recursos humanos. Quando usados em **sistemas de produção**, os recursos são conhecidos como fatores de produção. Destaque-se, contudo, que, no contexto deste trabalho, pessoas não são consideradas apenas recursos, por extrapolarem a perspectiva passiva destes (vide **colaborador**).

**Serviço:** é o resultado do esforço da **empresa** em colocar disponível aos **clientes** bens intangíveis que lhes são úteis e que têm valor econômico. O valor é calculado pela relação entre o que o serviço oferece e o que ele custou para ser produzido e colocado disponível aos clientes. Serviços se distinguem de **produtos** por serem, estes últimos, bens tangíveis.

**Sistema:** reunião de elementos, componentes ou fatores identificáveis, interrelacionados, que se organizam em torno de objetivos comuns colocados pelo **meio ambiente**. Um sistema é afetado pelo meio ambiente (constituem entradas do sistema), da mesma forma que o afeta (saídas).

**Sistema de produção:** sistema que organiza seus **recursos** para realizar os **processos** necessários à agregação de valor a **produtos** ou **serviços**.

**Tarefa:** cada etapa básica a ser cumprida por um **processo**. As tarefas mais complexas podem ser subdivididas em operações, que constituiriam, assim, as suas etapas elementares.

**Unidade:** além das definições convencionais, no contexto do trabalho também representa o menor conjunto capaz de constituir um **sistema de produção**.

## Acrônimos

- ABC *Activity-Based Costing* (custos baseados nas atividades)
- BOM *Bill Of Materials* (lista de materiais, inclui o desdobramento dos produtos em suas partes sob a forma de componentes, sub-componentes, peças e seus materiais)
- CAX *Computer-Aided "anything"* (auxílio computadorizado "para qualquer coisa")
- CAD *Computer-Aided Design* (projeto auxiliado por computador)
- CAE *Computer-Aided Engineering* (engenharia auxiliada por computador)
- CAM *Computer-Aided Manufacturing* (manufatura auxiliada por computador)
- CAPP *Computer-Aided Process Planning* (planejamento de processo auxiliado por computador)
- CQ Controle da Qualidade
- CE *Concurrent Engineering* (engenharia concorrente)
- CEP Controle Estatístico de Processo
- CIB *Computer Integrated Business* (negócio integrado por computador)
- CIM *Computer Integrated Manufacturing* (manufatura integrada por computador)
- CNC *Computerized Numerical Control* (controle ou comando numérico computadorizado)
- DB *Data Base* (base de dados)
- DDB *Distributed Data Bases* (bases de dados distribuídas)
- DNC *Distributed Numerical Control* (controle ou comando numérico distribuído)
- EDI *Electronic Data Interchange* (intercâmbio eletrônico de dados)
- ERP *Enterprise Resource Planning* (planejamento de recursos da organização, ver MRP)
- FMC *Flexible Manufacturing Cell* (célula flexível de manufatura)
- FMS *Flexible Manufacturing System* (sistema flexível de manufatura)
- GT *Group Technology* (tecnologia de grupo)
- GUI *Graphical User Interface* (interface gráfica com os usuários)
- JIT *Just-In-Time* (bem-a-tempo)
- LAN *Local Area Network* (rede local de computadores)
- MRP e MRPII- *Materials Requirement Planning* (planejamento de requisitos de materiais) e *Manufacturing Resources Planning* (planejamento de recursos da manufatura): considerando a evolução das ferramentas de MRP para abranger também funções do

MRPII e ERP, e a bem da simplificação, será usado indistintamente a sigla MRP para todos os casos

- OPT *Optimized Production Technology* (tecnologia de produção otimizada): técnica associada à TOC
- QFD *Quality Function Deployment* (desdobramento da função qualidade)
- SGM Sistema de Gerenciamento da Manufatura
- SMED *Single Minute Exchange Die* (troca de matrizes em um minuto)
- SOMA Sistema Orgânico de Manufatura Autônoma
- SQL *Structured Query Language* (linguagem estruturada de pesquisa)
- STEP *Standard for Exchange of Product Model Data* (padrão para transferência de dados de produto)
- TOC *Theory of Constraints* (teoria das restrições)
- TQC *Total Quality Control* (controle total da qualidade)
- UN Unidade de Negócio
- UNM Unidade de Negócio Mercado
- UNP Unidade de Negócio Produção
- UNS Unidade de Negócio Serviço

## Siglas

$a$	amplitude de cada grupo de desempenho na avaliação das UAs
$A_d$	peso da qualidade desejada
$A_p$	pesos da qualidade proposta
$A_r$	pesos da qualidade realizada
$C$	Preço (custo)
$C_a$	Custo por atividade
$C_{as}$	Custo das atividades secundárias
$C_d$	preço desejado na chamada de proposta
$C_{pk}$	índice de Capabilidade de processo (com avaliação de assimetria)
$C_p$	preço proposto
$C_{poup}$	valor da “poupança” gerada no desenvolvimento de produto
$c_{ad}$	custos adicionais (transporte, limpeza, rebarbação, embalagem, subcontratação, etc.)
$c_{disp}$	custo dos dispositivos
$c_{fer}$	custo das ferramentas
$c_{proc}$	custo total de processamento
$c_{rem}$	capacidade de remoção de material, em $m^3/h$
$DO$	Despesa Operacional
$f$	escala de tempo para análise histórica de fornecimentos (dias ou semanas)
$F_d$	Função-objetivo desejada
$F_p$	Função-objetivo proposta
$F_r$	Função-objetivo realizada
$G$	nível da qualidade exigida para o parâmetro da qualidade
$I_D$	Índice de desempenho das UAs
$IV$	Inventário
$K_C$	fator de prioridade para preço
$K_Q$	fator de prioridade para qualidade
$K_T$	fator de prioridade para prazo de entrega
$l$	fator de ajuste de $K_Q$
$LC$	Resultado da produção
$Li$	Limite inferior de controle para avaliação

$L_s$	Limite superior de controle para avaliação
$m$	número total de UAs do SOMA
$n$	número de amostras
$P_C$	componente preço do Prêmio pago
$P_d$	Prêmio desejado
$P_p$	Prêmio proposto
$P_{pn}$	Prêmio proposto normalizado
$P_{pQ}$	Prêmio proposto para a qualidade
$P_{pT}$	Prêmio proposto para prazo de entrega
$P_{pC}$	Prêmio proposto para custo
$P_Q$	componente qualidade do Prêmio pago
$P_r$	Prêmio realizado
$P_{rQ}$	Prêmios realizados para a qualidade
$P_{rT}$	Prêmios realizados para prazo de entrega
$PRD$	Produtividade
$P_T$	componente prazo de entrega do Prêmio pago
$Q_d$	Qualidade desejada
$Q_p$	Qualidade proposta
$Q_r$	Qualidade realizada
$R$	Recursos rastreáveis
$RSI$	Retorno Sobre Investimento
$s$	desvio padrão da amostra
$T$	prazo de entrega (tempo)
$T_{ad}$	tempo demandado por atividades adicionais
$T_d$	prazo de entrega desejado
$T_{de}$	tempo de desvio da entrega
$T_{der}$	tempo de desvio da entrega realizada
$T_{er}$	prazo de entrega realizado
$T_{in}$	tempo de início de produção do lote
$T_p$	prazo de entrega proposto
$T_r$	prazo de entrega realizado
$t$	fator de ajuste $t$ de Student
$t_{opl}$	tempos de operações complementares e esperas

$t_{prep}$	tempo de preparação
$t_{proc}$	tempo de processamento
$t_{op}$	tempo de operação
$t_{tf}$	tempo de troca de ferramentas
$t_{us}$	tempo de usinagem total
$\overline{Va}$	posição média relativa atual (dos fornecimentos, por produto)
$V_r$	indicador de desempenho relativo da UA
$\overline{Vr}$	posição relativa média da UA
$V_{rQ}$	posição relativa da UA para a qualidade
$V_{rT}$	posição relativa da UA prazo de entrega
$\overline{Vs}$	média da posição relativa do conjunto de UAs no SOMA
$v_{rem}$	volume de material a remover
$Y$	quantidade de unidades de medida da atividade
$\sigma$	desvio padrão
$\sigma'$	valor corrigido de $\sigma$
$\sigma_a$	desvio padrão de $\overline{Va}$ (dos fornecimentos, por produto)
$\sigma_q$	desvio padrão de $V_{rQ}$ (para a qualidade)
$\sigma_t$	desvio padrão de $V_{rT}$ (para prazo de entrega)
$\sigma_s$	desvio padrão de $\overline{Vs}$ (do SOMA)

## Resumo

**LEPIKSON, Herman Augusto. *SOMA - Sistema Orgânico de Manufatura Autônoma: Uma Nova Abordagem Distribuída para o Gerenciamento do Chão de Fábrica*. Florianópolis, 1998, 236p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina**

**Orientador: Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.**

**Defesa: 20/03/1998**

O perfil de mercado hoje predominante pressiona fortemente a indústria de manufatura na direção da maior agilidade possível. Entretanto, o modelo organizacional prevalecente nos sistemas de produção ainda é inadequado para atender este objetivo em razão da sua alta complexidade e conseqüente lentidão das reações. Este trabalho apresenta uma alternativa para um novo modelo de gerenciamento de chão de fábrica que pretende ser integrado, ágil e minimamente complexo, chamado *SOMA* - Sistema Orgânico de Manufatura Autônoma. O *SOMA* se baseia no conceito de unidades autônomas operando de forma concorrente e distribuída que são fortemente voltadas para o mercado e focadas em suas competências essenciais. Elas coordenam suas atividades através de uma Lógica de Negociação que tem por objetivo estabelecer as regras de convivência e os mecanismos de operação e avaliação de desempenho das unidades e do conjunto do *SOMA*. Para tanto, a Lógica de Negociação faz uso de uma série de regras fundamentadas nos parâmetros básicos de preço, qualidade e entrega. O *SOMA* é modelado pelas técnicas de análise orientada a objeto e validado dinamicamente pelo uso de ferramenta de simulação computacional, através da qual se desenvolve estudo de caso com caráter ilustrativo.

Palavras-chave: [Integração], [Manufatura Distribuída], [Gerenciamento da Manufatura], [Modelagem]

## Abstract

**LEPIKSON, Herman Augusto. *SOMA - Sistema Orgânico de Manufatura Autônoma: Uma Nova Abordagem Distribuída para o Gerenciamento do Chão de Fábrica (SOMA - Organic System of Autonomous Manufacturing: A New Approach for the Shop Floor Management)*. Florianópolis, 1998, 236p. Thesis (Degree of Doctor of Mechanical Engineering) - Graduate Program on Mechanical Engineering, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil**

**Advisor: Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.**

**Date of final examination: 20/03/1998**

Nowadays prevailing market profile strongly pushes the manufacturing industry towards the greatest agility it can achieve. Nevertheless, the predominant organizational model of the production systems is still inadequate to fulfill this objective due to its high complexity and, as a consequence, its slow reaction capacity. This thesis introduces an alternative for a new shop floor management model that intends to be highly integrated, agile and minimally complex, called *SOMA*, which corresponds, in English, to *Organic System of Autonomous Manufacturing*. It is based on the concept of autonomous units operating in concurrent and distributed way, which are strongly market-oriented and focused on their core competencies. The units coordinate their activities through a Negotiation Logic which aims to establish the rules for cooperation between units and the mechanisms for operation and performance evaluation of the units and the *SOMA* as a whole. For doing this, the Negotiation Logic uses a suite of fundamental rules based on price, quality and delivery parameters. *SOMA* is modeled by the object oriented analysis techniques and dynamically validated by computer simulation tools, through which is developed a case study for illustrative purposes.

**Keywords: [Integration], [Distributed Manufacturing], [Manufacturing Management], [Modeling]**

## 1 Introdução

A origem das organizações industriais remonta ao período em que surgiu o conceito de divisão do trabalho, cujas primeiras evidências foram encontradas já na civilização egípcia. A demonstração das vantagens da especialização, feita por Adam Smith em seu clássico "A Riqueza das Nações" (meados do século dezoito), estabeleceu os princípios econômicos que serviram de alicerce para a sistematização do conceito de trabalho dentro do novo fenômeno que então surgia, depois denominado de revolução industrial e que ensejou o aparecimento das fábricas. À medida que a tecnologia das máquinas evoluía, os recursos eram direcionados para a produção mais eficiente de bens em larga escala, num dinamismo crescente cujos princípios tecnológicos foram sendo forjados a partir das contribuições práticas de Taylor, Ford, Sloan e muitos outros.

Conforme as fábricas cresciam, maior esforço passava a ser dedicado para controlar, coordenar, planejar e avaliar as linhas de produção, o que inevitavelmente levou à criação das funções administrativas, das suas respectivas equipes e dos departamentos especializados. Formava-se, dessa forma, as indústrias como hoje as conhecemos. Novas especializações foram criadas, muitas contidas no que se denominou, na época, de engenharia industrial. Estruturas cada vez mais intrincadas foram sendo gradativamente criadas para administrar as complexas redes de atividades interrelacionadas que se formavam. A natureza burocrática dessas operações gerou tal complexidade e se arraigou de tal forma nas organizações que passou a agir no sentido de impedir que as empresas operassem eficientemente. Mas isso não era muito importante, pois havia uma demanda sempre crescente e a competição ainda era incipiente.

Ainda convivendo com essa situação, observa-se que a indústria de manufatura está hoje passando por uma profunda transformação em suas estruturas e paradigmas, em um processo que se acelerou a partir da década passada, justamente em função do novo perfil de competição e da exigência dos clientes que passaram a predominar. É uma realidade perturbadora que as empresas têm que enfrentar, principalmente pelo fato de que elas não têm elementos balizadores das suas estratégias para orientar o caminho da mudança. Esse processo trouxe novas ameaças, mas também novas oportunidades. Entre as ameaças, certamente se destaca o crescimento exponencial da complexidade – agora externa – nas relações das empresas com seus mercados. Por outro lado, entre as oportunidades, se destaca a qualidade dos recursos hoje disponíveis, que ensejam um potencial enorme para alavancagem, também exponencial, de novos produtos e processos para atender atuais e novos mercados em uma economia cada vez mais globalizada.

O atual momento histórico por que passa a manufatura pode ser caracterizado pela revolução nos indicadores de produtividade e de qualidade, na qual a tecnologia da informação e a automatização exercem papéis fundamentais. Muda também o papel do homem: a mão-de-obra tradicional é, cada vez mais, substituída por pessoal com maior qualificação e poder de decisão, na figura do que aqui se passou a chamar de colaborador (ver glossário). Todo esse processo de transformação ganha especial relevância quando se observa a manufatura como a repositória mais importante das inovações tecnológicas que são convertidas em benefícios acessíveis à sociedade.

## 1.1 Contexto e Definição do Problema

Como consequência natural desse processo de transformação, fica claro que os modelos hoje prevaletentes não mais atendem às necessidades da indústria de manufatura. Segue-se, então, um período de experimentação no qual modismos e propostas novas, muitas vezes radicais, tendem a proliferar, dentro de um processo natural dialético no qual a antítese sucede a tese para daí, então, consolidar-se a síntese.

Percebe-se, hoje, sinais de que alguns elementos de síntese já começam a surgir. Por exemplo, começa a se tornar claro que a integração pura e simples de sistemas complexos não resolve os problemas da manufatura. Mais: antes da integração tem que ser tratado o problema da complexidade, sob pena de se integrar (automatizar incluso) o caos. E a tese deste trabalho deve ser entendida como mais uma contribuição a este processo de busca da síntese para um sistema de manufatura integrado e minimamente complexo.

Dentre as possibilidades oferecidas pelo amplo espectro de problemas que foram diagnosticados a partir dos estudos relacionados ao tema, optou-se, para objeto desta tese, pelo equacionamento do seguinte problema:

*“Definir um modelo de sistema de gerenciamento do chão de fábrica com operação concorrente e distribuída que possa, de forma integrada, atender às necessidades atuais e emergentes da indústria de manufatura com respostas efetivas em desempenho”.*

A abordagem aqui proposta é uma tentativa de contribuir para o processo de síntese que busca simplificar as estruturas e a operação dos sistemas de manufatura. Baseia-se fortemente no chão de fábrica e em conceitos que já se mostram com grande potencial de alavancagem da manufatura, com destaque para os seguintes elementos:

- ◆ Unidades Autônomas;
- ◆ orientação para o mercado;

- ◆ competências essenciais;
- ◆ colaboradores.

As razões que justificaram estas opções serão vistas ao longo dos próximos capítulos, enquanto se constrói a estrutura e se dá organicidade ao modelo.

## 1.2 O Produto da Tese

Sem a pretensão de oferecer respostas definitivas, tenciona-se, com a tese deste trabalho, desenvolver um novo modelo de gerenciamento do chão de fábrica que, como síntese de idéias e experiências bem sucedidas, contribua para o aperfeiçoamento da manufatura e o seu ajustamento à nova realidade dos mercados e das formas de produção.

Será dada ênfase à manufatura de peças em lotes, com produção tipicamente repetitiva, na qual a introdução novos itens é eventual e aleatória. Não se aplica, assim, à produção quase unitária nem em massa. Esta opção se deve à tendência deste tipo de manufatura ganhar cada vez mais importância e representatividade, uma vez que ela passa a responder por cada vez mais produtos de valor significativo que são supridos à sociedade. É o caso, por exemplo, de veículos automotores, eletrodomésticos ou eletrônicos de consumo (computadores e seus periféricos inclusos). O que caracteriza este tipo de manufatura é a grande variedade de produtos fabricados, envolvendo a montagem do produto final a partir de diversos componentes e sub-componentes que também são fabricados a partir de processos que envolvem quase que exclusivamente transformações físicas. Mais particularmente, será dada ênfase aos processos que envolvem usinagem seguidos de montagem.

Nesse trabalho serão abordados os sistemas montados exclusivamente com unidades autônomas e internamente à empresa. Também, como já foi dito anteriormente, se aterá apenas ao chão de fábrica. Isso se faz necessário para demarrar um nível de complexidade compatível com os objetivos e prazos de um trabalho de tese.

É importante deixar claro que, como se trata de um modelo para sistema de gerenciamento do chão de fábrica, ele deve ser aberto às possibilidades e limitações colocadas pelo mundo real. Deve, inclusive, tentar evitar as armadilhas inerentes a estudos dessa natureza que, por necessidade de simplificação, acabam limitando os resultados e tornando-os úteis apenas para fins acadêmicos mas sem possibilidade de utilização no mundo real. Algumas dessas armadilhas seriam:

- ◆ restringir demais o escopo e as condições de contorno para viabilizar estudos de caso suportáveis por algoritmos matemáticos ou analíticos disponíveis;
- ◆ centralizar em áreas específicas de estudo (controle, por exemplo), desfocando as demais;
- ◆ buscar a solução de problemas específicos, segmentados demais para ter sentido ou aplicação genérica.

Dados o ineditismo, a abrangência e o caráter interdisciplinar do estudo, uma solução de compromisso terá que ser encontrada entre a necessidade de simplificações e a coerência dos resultados. O resultado final da tese, mesmo obrigado a fazer concessões a bem da sua viabilização, se propõe a ser um arcabouço implementável de um novo conceito de manufatura, com abertura de frentes de pesquisa para desenvolvimento de novas tecnologias a ela associadas.

### 1.2.1 A Oportunidade do Tema

Como poderá ser observado ao longo da avaliação do estado da arte, existe uma perspectiva interessante para o desenvolvimento de uma tentativa de síntese que projete os sistemas de manufatura às novas tendências do mercado. Os principais elementos que justificam esta tese são:

- ◆ a necessidade estratégica de se agir proativamente no desenvolvimento de nova cultura manufatureira, com destaque para o chão de fábrica;
- ◆ o caráter inédito do trabalho, coadunado com as principais tendências mundiais e com as necessidades da indústria de manufatura brasileira;
- ◆ a capacidade existente no País para promover esse desenvolvimento;
- ◆ o potencial de alavancagem da capacidade da indústria de manufatura a partir dos resultados obtidos nesse processo;
- ◆ a possibilidade de se transferir rapidamente os frutos do conhecimento adquirido para a indústria, por envolver tecnologia de fácil assimilação;
- ◆ o fato de que os conceitos que têm sido propostos não apresentarem respostas satisfatórias às necessidades da manufatura;
- ◆ o potencial apresentado pela arquitetura proposta pela tese como contribuição para a esperada síntese que atenda às expectativas das comunidades industrial e acadêmica.

Adicionalmente, existe a oportunidade importante de contribuir diretamente para o crescimento e a afirmação da indústria brasileira em um cenário favorável por se apresentar ainda indefinido para as empresas de manufatura de todo o mundo.

Dois outros aspectos concorrem para favorecer o estudo da abordagem proposta na situação particular da manufatura brasileira:

1. o porte menor das empresas que age, nos modelos tradicionais de manufatura, como estrangulador da competitividade, em função, principalmente, da limitada capacidade de investimento;
2. a industrialização mais recente, que oferece oportunidade para desenvolver novos modelos gerenciais que permitam sobrepujar as restrições impostas pelos modelos competitivos atuais (inclusive a pressão por uso intensivo de capital).

O trabalho desta tese pretende, assim, ser uma contribuição, um ponto de partida, para uma nova linha de pesquisa, a partir do delineamento do citado modelo concorrente e distribuído.

### 1.2.2 Condições de Contorno do Problema

Para cumprimento dos objetivos propostos pela colocação do problema, são ressaltados alguns aspectos básicos que delimitam o alcance do trabalho de tese. Destacam-se:

- a) delineamento da etapa técnica do conceito, o que implica em excluir os estudos dos elementos culturais e sócio-psicológicos e também os mecanismos de fixação e desenvolvimento de competências a longo prazo;
- b) enfoque no chão de fábrica e centrado no conceito de Unidades Autônomas;
- c) manufatura em lotes pequenos a médios de peças com produção tipicamente repetitiva;
- d) inserção eventual e aleatória de novos itens;
- d) restrição à definição dos requisitos necessários para assegurar ao sistema os objetivos esperados de:
  - ◆ simplificação;
  - ◆ padronização;
  - ◆ modularidade;
  - ◆ concorrência.
- e) enfoque no gerenciamento da rotina de produção (o que implica em não detalhar os processos para desenvolvimento de produto).

Alguns aspectos do problema serão abordados apenas ao nível necessário para sua contextualização e entendimento dentro da perspectiva específica do modelo que se propõe neste trabalho de tese. É o caso, por exemplo, dos colaboradores, cuja abrangência do tema não permitiria um maior aprofundamento de muitos dos aspectos a eles relacionados. Da mesma forma serão abordados os aspectos relacionados a custeio e avaliação de desempenho. Considerando-se estes limites, espera-se que a tese seja capaz de apresentar um modelo de gerenciamento do chão de fábrica concorrente e distribuído que possua os seguintes atributos:

- ◆ possua características dinâmicas, isto é, incorpore flexibilidade suficiente para adaptar-se a situações mutantes de volumes de produção e de *mix* de produtos;
- ◆ aproveite o potencial humano (os colaboradores) para valorizar o desempenho;
- ◆ seja operacionalmente viável;
- ◆ seja passível de avaliação, ou seja, incorpore meios para verificar seu desempenho;
- ◆ comprove ter potencial como uma contribuição efetiva para a manufatura.

### 1.3 Organização da Tese

Seguindo as posturas iniciais deste capítulo, faz-se, no capítulo 2, uma análise mais aprofundada dos diversos elementos que estão no entorno do problema da tese, a partir da identificação e discussão das tecnologias emergentes na manufatura que têm impacto no presente trabalho. São analisados e contextualizados os aspectos mais relevantes e de interesse, tendo como base os diversos estudos e linhas de pesquisa atualmente desenvolvidos. É dada maior ênfase à discussão dos seguintes aspectos da manufatura moderna:

- ◆ elementos transformadores que impactam diretamente no seu desempenho;
- ◆ técnicas básicas consolidadas que precisam ser consideradas;
- ◆ conceitos emergentes e tendências mais recentes a serem estudados.

Este estudo inicial serve de subsídio teórico para análise, diagnóstico e construção do modelo aqui proposto, além de auxiliar na introdução de perspectivas realistas ao trabalho.

As bases teóricas que fundamentam o modelo que é o objeto desta tese são discutidas no capítulo 3. Ainda neste capítulo são também comentadas as principais técnicas utilizadas para construção do modelo e que necessitam ser entendidas para justificar as decisões assumidas. Em cada uma delas se faz uma análise quanto às alternativas existentes na manufatura, pesquisas atualmente desenvolvidas, potenciais e restrições de cada uma, e as razões que explicam cada solução adotada. Estas técnicas estão relacionadas a:

- ◆ sistemas de custeio;
- ◆ mecanismos de avaliação;
- ◆ modelagem de sistemas de manufatura.

O capítulo 4 apresenta o modelo proposto e os elementos que o fundamentam. É feita uma análise sobre aspectos específicos relacionados a distribuição, autonomia e orientação estratégica da manufatura que suportam as decisões assumidas pelo modelo. São explicadas as suas características e estrutura organizacional para, em seguida, detalhar-se o funcionamento do sistema. Segue uma explicação dos princípios que orientam os mecanismos de coordenação e integração do sistema, e o detalhamento do conjunto de regras, denominado lógica de negociação, que constitui o núcleo operacional do modelo.

Os sistemas de suporte da lógica de negociação são detalhados no capítulo 5. Eles constituem duas partes integradas: a estrutura de custos e a avaliação de desempenho. A primeira é parte nuclear da lógica, pelo simples fato de custo ser uma das suas unidades de medida. A segunda incorpora os elementos que asseguram o aperfeiçoamento contínuo e a evolução do sistema. Ela é dedicada ao detalhamento do mecanismo de avaliação de desempenho do sistema: inicia pelas bases gerais de cálculo do mecanismo para, em seguida, apresentar a estrutura e o funcionamento de cada um dos sub-mecanismos adotados.

O capítulo 6 se preocupa com o formalismo do modelo. Uma vez compreendidos os seus fundamentos, desenvolve-se o modelo formal do sistema, apoiando-se em recursos da análise orientada a objeto. Este é complementado pelo modelo dinâmico, construído a partir de recursos de simulação, que visa avaliar o desempenho e as limitações do sistema em condições de operação. Testes baseados em estudo de caso demonstram a operacionalidade do modelo.

Finalmente, no capítulo 7 são apresentadas as conclusões do trabalho com enumeração dos resultados alcançados, acompanhados pela avaliação desses resultados e pelas suas características de aplicabilidade. Seguem-se comentários sobre o potencial do modelo, junto com sugestões e propostas para trabalhos futuros que possam vir a complementar a presente linha de pesquisa.

## 2 A Situação Atual da Manufatura

A manufatura tem passado por um processo de transformação importante e que precisa ser compreendido para que qualquer contribuição efetiva possa ser feita. À medida que a tecnologia coloca à disposição novos recursos, eles imediatamente são aproveitados para efetivar saltos significativos nos indicadores de produtividade, a exemplo do que hoje acontece com as tecnologias de eletrônica, informática e comunicações. Brown (1996) identifica cinco principais eras na evolução da manufatura:

1. infância da industrialização;
2. avanços da energia a vapor e das ferrovias (1830 a 1880);
3. engenharia pesada (1880 a 1940);
4. produção em massa (1940 a 1980);
5. “manufatura estratégica” (atual).

O termo “manufatura estratégica” pode dar uma idéia falsa ou parcial do processo de transformação em curso, mas o autor faz boa síntese dos principais elementos de contraste entre a era da produção em massa e as propostas para a “manufatura estratégica” (tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Comparação entre as eras de produção em massa e atual.

<b>Produção em massa</b>	<b>“Manufatura estratégica” (atual)</b>
ciclo de vida dos produtos longo, medido em anos	ciclo de vida dos produtos curto, medido em meses
produção fixa, inflexível	produção flexível, orientada para o cliente
demanda estável, conhecida	demanda errática, instável, que é confrontada com a capacidade de fabricação
ciclos de produção longos	ciclos de produção curtos
fabricação para estoque	fabricação sob pedido de cliente
decisões de gerenciamento em curto prazo	decisões estratégicas de gerenciamento visando obter, simultaneamente, vantagem competitiva e satisfação do cliente
pequena variedade, alto volume	qualquer variedade e volume, como requerido pelo cliente
empresa opera isolada	formação de alianças estratégicas para aperfeiçoar a capacitação da empresa
ênfase no corte de custos	ênfase simultânea em custo, entrega, qualidade, flexibilidade, projeto e capacitação
trabalhadores desqualificados	trabalhadores multi-qualificados, altamente treinados
relação fornecedor - comprador fraca, conflituosa	parcerias estratégicas entre comprador e fornecedor

Para se compreender melhor o fenômeno, importa observar os 3 movimentos principais ocorridos na década de 80 que tiveram orientações complementares, além de forte influência sobre a manufatura:

1. tecnologias associadas ao CIM- *Computer Integrated Manufacturing* (manufatura integrada por computador), através das chamadas ferramentas CAx - *Computer-Aided anything* (auxílio computadorizado “para qualquer coisa”), sistemas de informação em engenharia e de comunicação computadorizada no chão de fábrica (para uma visão de conjunto das tecnologias, vide Groover, 1987, e Williams, 1988; para as técnicas de planejamento da produção, Schmenner, 1993; sobre as redes de comunicação em ambiente industrial, ver Mendes, 1989; e para os aspectos sistêmicos do CIM, Lepikson, 1990);
2. técnicas de organização da produção, pela implementação de conceitos de gestão, alguns já conhecidos mas pouco explorados na manufatura, tais como GT- *Group Technology* (tecnologia de grupo), FMC- *Flexible Manufacturing Cell* (célula flexível de manufatura), JIT- *Just-In-Time* (bem-a-tempo) e TOC- *Theory of Constraints*, teoria das restrições (vide Aquilano et alli, 1995 e Schmenner, 1993, para uma visão de conjunto destas tecnologias sob a ótica do gerenciamento de operações da manufatura);
3. da gestão empresarial, pela difusão do TQC (*Total Quality Control*, controle total da qualidade).

De comum entre eles é subjacente o questionamento às formas de gerenciamento tradicionais da manufatura, além da busca deliberada de alternativas para a organização e integração dos recursos que a compõem, é bem verdade que com uma orientação ainda predominantemente tecnológica (exceção feita ao TQC) e com uso intensivo da informática.

Provavelmente o primeiro grande estudo visando entender o problema por que passava a manufatura (focando na indústria automobilística) foi o trabalho desenvolvido pelo MIT - *Massachusetts Institute of Technology*, no final da década de oitenta e que redundou no conhecido livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (Womack et alli, 1992). Após uma análise abrangente das fábricas de automóveis em todo o mundo, o estudo elenca os principais elementos que geraram empresas de sucesso a partir da década de setenta (notadamente empresas de origem japonesa) e os sistematiza no conceito de “manufatura enxuta” (mais tarde ampliado por Womack & Jones, 1994, para abranger o conceito de “empresa enxuta”).

Outro estudo que teve grande repercussão foi o coordenado pela Universidade de Lehigh (Nagel & Dove, 1991), desta feita focando mais nas estratégias a serem perseguidas pela indústria de manufatura norte-americana para assegurar sua competitividade nos próximos anos. Além dos aspectos fabris, este estudo se ocupa também dos organizacionais e visa redefinir os referenciais que têm orientado a estrutura tradicional da manufatura para que ela se atualize e se readeque às necessidades do futuro próximo.

Ao discutir o que chama de “paradigma pós-produção em massa”, Warneck (1993) alerta para o problema das organizações complexas e da necessidade de se concentrar nos negócios essenciais da empresa (*core business*) como forma de manter a agilidade nesse novo ambiente. Essa tese também é defendida por Goldman et alli (1994) ao propor alternativas de estratégias para aumentar o dinamismo das empresas a partir da percepção do valor do produto pelo cliente (o que vai além do conceito de empresa voltada para o cliente, em voga nas práticas de TQC). Para tanto, também valorizam as competências da organização e as alianças estratégicas baseadas no conceito de empresas virtuais. Klen (1996) propõe alternativa baseada em um tripé formado por áreas virtuais de produção, planejamento distribuído da produção e coordenação centrada em equipes *ad-hoc* como forma de aumentar o dinamismo e a flexibilidade das empresas de manufatura.

Nota-se uma profusão de estudos preocupados em diagnosticar os problemas e propor soluções para auxiliar a manufatura a se adaptar à nova realidade que se impõe. Em Kidd & Karwowski (1994) pode ser encontrada uma boa coletânea de trabalhos associados a linhas de pesquisa correntes na área da chamada “manufatura ágil”, mais um conceito recém-criado, muito utilizado nos Estados Unidos, para reunir as idéias da “manufatura enxuta” com as de engenharia concorrente, com impacto mais direto na fabricação. As publicações de Camarinha-Matos & Afsarmanesh (1995) e, mais recentemente, Camarinha-Matos (1997) têm propósitos similares, numa perspectiva mais voltada às preocupações da Comunidade Européia.

Fica claro, a partir das observações feitas até agora, que se faz necessário o entendimento, da forma mais clara possível, dos elementos transformadores da manufatura, bem como das técnicas e tendências mais recentes que têm impulsionado esta transformação, a fim de que uma intervenção consciente e construtiva possa ser feita. Considerando os objetivos deste trabalho de tese, é importante aprofundar os aspectos tecnológicos e organizacionais associados ao planejamento, programação e controle da produção. É o que se tentará fazer a seguir.

## 2.1 Elementos Transformadores da Indústria de Manufatura

A história recente da manufatura (desde a década de 80 até hoje) enseja identificar fases nítidas do seu processo evolutivo, nas quais se buscou, gradativamente:

1. automação dos processos existentes, isoladamente (na qual a introdução das máquinas-ferramenta CNC foi representativa);
2. integração dos recursos técnicos (demarcada pelo esforço das integrações das ferramentas CAx);
3. integração dos sistemas (identificada principalmente pelos esforços de padronização das redes locais de comunicação);
4. entendimento sobre a manufatura (a exemplo dos esforços para desenvolvimento de modelos para a manufatura, comentados adiante);
5. viabilização de modelos alternativos para a manufatura (como os esforços atualmente desenvolvidos e nos quais este trabalho se insere).

Subsídios complementares sobre este processo poderão ser encontrados em Wright & Bourne (1988), Allaire & Firsirotu (1989), Scheer & Jost (1990), Womack et alli (1992), Perret & Bienert (1994), Wiendahl & Scholtissek. (1994), Molina et alli (1994), Kern (1996).

Dentro desse processo evolutivo, o momento presente incorpora elementos complexos que afetam a manufatura e que precisam ser adequadamente compreendidos para que estratégias possam ser adotadas. Os que mais de perto interessam aos objetivos deste trabalho são comentados a seguir.

### 2.1.1 Globalização e Fragmentação dos Mercados

Implica em, concomitantemente, atender mercados globais mas com produtos adaptados a cada situação e característica local (e, se possível, individual), o que induz a novos paradigmas de estratégias de mercado, planejamento e produção, conforme bem observam Davidow & Malone (1993), Goldman et alli (1994). Essa estratégia de manufatura tem sido comumente chamada de *World-Class Manufacturing* que, simplificada, implica em (a partir das observações de Kerr, 1992; Clarke & Brennan, 1992; Gunn, 1993):

- ◆ operação global e desnacionalizada da empresa;
- ◆ cultura organizacional e valores compartilhados pela empresa em todo o mundo;
- ◆ contratação de pessoal localmente;
- ◆ comunicação e difusão globais do aprendizado na empresa;

- ◆ desenvolvimento de produtos, produção e vendas descentralizados e adaptados a cada região e segmento de mercado;
- ◆ funções de apoio também descentralizadas mas seguindo orientação uniformizada;
- ◆ obediência aos padrões formais e tácitos do comércio internacional.

### 2.1.2 Interferência de Elementos Exógenos

A crescente interferência de elementos exógenos no gerenciamento interno das empresas é representada por vários aspectos, entre os quais se destacam (Porter, 1991; Lepikson, 1990):

- ◆ legislações e acordos nacionais e internacionais sobre direitos de patentes e de cópia;
- ◆ pressões relacionadas ao meio ambiente e proteção de recursos naturais;
- ◆ políticas governamentais, protecionistas, para fomento industrial, geração de empregos, incentivo às exportações, etc.;
- ◆ deslocamento dinâmico e oportunista dos interesses relativos a fontes de recursos (técnicos, humanos, capital)
- ◆ acordos regionais e internacionais de comércio.

### 2.1.3 Orientação para o Cliente

O sucesso de um produto, hoje, depende, como comentam Fernandes & Lepikson (1995), da capacidade da empresa entender e traduzir em produtos os reais desejos dos clientes, muitas vezes não manifestados ou nem mesmo percebidos (por exemplo, quem imaginaria, até há bem pouco tempo atrás, explicitar o desejo por um equipamento que reunisse as funções de impressora, copiadora, *scanner* e fax, ou televisão, computador e telefone?). Esta perspectiva é tão séria que há, inclusive, uma tendência forte para envolver mais diretamente o cliente no processo de criação e definição dos requisitos básicos do produto. Eureka & Ryan (1992) comentam em detalhes este aspecto e American Supplier Institute (1989) detalha procedimentos para tal, apoiado na ferramenta do QFD - *Quality Function Deployment* (desdobramento da função qualidade). Mais do que isso, tende-se para que o cliente participe efetivamente de todas as etapas do desenvolvimento do produto (Davidow & Malone, 1993; Clark & Wheelwright, 1993). Isso já é uma realidade, por exemplo, na relação entre os fornecedores e clientes institucionais nas indústrias tecnologicamente mais sofisticadas, como aeronáutica, automobilística ou de informática.

Destaque-se também a ênfase hoje dada à qualidade. O cliente começa a ter acesso a um conjunto de informações sobre o produto não só mais completo, como também de disseminação

mais rápida, além de um leque de opções de produtos disponíveis muito maior. O conceito de adequação ao uso (Juran & Gryna, 1991) fica cada vez mais óbvio nesse cenário. Como resultado, as empresas vêm-se, hoje, como que obrigadas a responder institucionalmente a essa evolução cultural, e um bom e marcante exemplo são os hoje disseminados programas em TQC. A qualidade está intrinsecamente associada à manufatura e é fundamentalmente dependente dela. Hill (1994) demonstra que as limitações impostas pela manufatura influenciam inclusive as características percebidas da qualidade que não estão ligadas diretamente a ela (como assistência técnica, por exemplo). Convém lembrar também que as empresas estão sendo induzidas a cumprir exigências normativas e certificadoras inimagináveis há poucos anos atrás, como, por exemplo, as normas das séries ISO 9000 e ISO 14000.

#### 2.1.4 Incorporação de Informações e Serviços nos Produtos

Está cada vez mais difícil divisar a fronteira entre o produto físico e o seu conteúdo de informações e de serviços nele embutidos. No que tange ao conteúdo de informação, o custo decrescente da eletrônica digital permite sofisticar cada vez mais os produtos, seja para maior conforto no uso, na manutenção, ou mesmo aparência. Veja-se os exemplos dos eletrodomésticos com interfaces digitais que proliferam nas residências, ou então dos automóveis, nos quais a grande evolução recente deu-se exatamente nessa direção: computador de bordo, sistema de navegação e localização por satélite, injeção, distribuição e comandos eletrônicos, bancos, espelhos e volantes programáveis para cada usuário, sistema de auto-diagnóstico e de assistência ao técnico de manutenção, etc.

Talvez menos aparente, mas não menos importante, são os serviços incorporados aos produtos, desde as mais visíveis linhas de atendimento aos clientes, até a assistência técnica remota, já muito difundida nos mercados de computadores corporativos ou de elevadores mais sofisticados, nos quais a empresa fornecedora consegue fazer o diagnóstico e agir preventivamente no produto antes mesmo que um problema ocorra.

Há de se considerar ainda a emergência de uma indústria de serviços associada à de produtos, na qual se destaca a assistência permanente ao cliente em relação ao próprio produto (Melan, 1993). São representativos os casos das indústrias de computadores e, de forma mais radical, de software. Esta característica, como bem colocam Forrester & Bennett (1993), está intimamente associada à adoção da qualidade como estratégia de diferenciação, o que têm reorientado os sistemas de manufatura a sair da ênfase na tecnologia (produtos padronizados,

produção em larga escala para redução de custos) para se focar no mercado (ênfase na qualidade e atendimento ao cliente, personalização do produto e produção em volumes menores, sem descuidar do custo).

A principal decorrência dessa mudança é a definição de uma nova base de relacionamento fornecedor-cliente, na qual mútua dependência e perspectivas de mais longo prazo passam a ser elementos determinantes (Goldman et alli, 1994; Gunn, 1993).

### 2.1.5 Dinamismo Intrínseco

Há de se lembrar que a base sobre a qual as relações fornecedor-cliente se estabelecem não é mais fundamentada nos produtos, uma vez que estes hoje sofrem um processo de obsolescência prematura, induzido seja por questões tecnológicas (ex.: computadores) ou mercadológicas (ex.: automóveis, vide Clark & Wheelwright, 1993). A chave está na capacidade de manter o cliente cativo. Segundo Goldman et alli (1994), dinamismo significa saber o suficiente sobre os clientes para ser capaz de mostrar-lhes que podem desejar alguma capacidade que agora não desejam, provando que criaria alguma vantagem da qual podem se beneficiar. Em outras palavras, significa manter o cliente sempre animado pela capacidade da empresa de antecipar as suas necessidades e, com isso, induzir a permanência na marca pelo que os produtos oferecem em termos de desempenho, conforto, segurança, rapidez, *status*, etc. Significa também introdução freqüente de novos modelos e de melhorias nos produtos existentes. Contudo, essas mudanças freqüentes exercem uma enorme pressão sobre a manufatura, já que o seu bom desempenho depende muito de disciplina, estabilidade e aprendizado com a experiência, o que é contraditório com o dinamismo imposto pelo mercado. As rotinas da manufatura são muito sensíveis às perturbações devidas aos fluxos inter cruzados de materiais e informações e à interdependência de recursos. O planejamento e a operação da manufatura tornam-se tarefas bastante árduas nessas condições. Um bom exemplo é a programação da produção: em geral essas programações ficam obsoletas antes mesmo de serem implementadas. Reprogramar se torna mais regra do que exceção.

Além disso, a introdução das modernas tecnologias necessárias para assegurar o dinamismo da manufatura acabou por gerar inúmeras ilhas computadorizadas que se converteram em complicadores adicionais e que pouco contribuíram para a integração dos recursos de gerenciamento e controle das atividades de chão de fábrica. As principais razões enumeradas por Singh & Weston (1993) são:

- ◆ ausência ou inconsistência de padrões;

- ◆ modelos proprietários de software, com arquiteturas específicas de gerenciamento e troca de informações;
- ◆ sistemas projetados segundo a percepção dos fornecedores dos softwares, impondo ao usuário adaptar-se aos produtos;
- ◆ inflexibilidade para interconectividade e, tampouco, para interoperabilidade entre sistemas;
- ◆ sistemas por demais complexos, difíceis de operar, manter ou aperfeiçoar;
- ◆ dificuldade de refletir, nos softwares, o dinamismo do mundo real da manufatura;
- ◆ sistemas caros, inalcançáveis para as pequenas e médias empresas.

O dilema da manufatura está em conciliar as necessidades dos seus mercados com os impactos decorrentes das iniciativas tomadas para atendê-las. Muitas vezes, a melhor solução não está atrelada à incorporação pura e simples de recursos tecnológicos, mas sim à reorganização do sistema de produção dentro dos novos paradigmas.

#### 2.1.6 Reorientação das Prioridades

Como bem destacaram Harmon & Peterson (1991), atualmente existe um forte movimento na direção de uma reacomodação das prioridades, começando pelas indústrias mais avançadas. No que se refere aos produtos manufaturados em lotes pequenos ou médios, Mertins et alli, (1993) destacam a tendência no sentido de diminuir a quantidade de produtos básicos oferecidos (muitos modelos, mas como variações em cima de poucas plataformas), além de aumentar a padronização e alongar a vida dessas plataformas.

No que se refere à manufatura, três aspectos se destacam. Primeiro, a tendência à horizontalização das indústrias que vem crescendo já há algumas décadas, principalmente nos setores de produtos mais complexos. Nessas indústrias, hoje, o fornecimento de materiais de terceiros frequentemente representa mais de 60% dos custos de produção (Stekelenborg & Kornelius, 1994; Fawcett & Scully, 1995). Segundo, há uma tendência de se reduzir os esforços nos extremos das tecnologias, colocando-as em níveis mais razoáveis de desenvolver e operar (JIT menos radicais, valorização maior da automação de baixo custo, por exemplo). Terceiro, uma demanda inevitável por maior flexibilidade dos processos (principalmente no que se refere a *mix* de produtos e volumes de produção) para rapidamente se acomodar às mudanças e tirar proveito delas (Chen et alli, 1992). Dessa forma, a estratégia competitiva das empresas se desloca da prioridade à inovação em produtos para a inovação na relação produto-processo (Mertins et

alli, 1993; Brown, 1996), com implicações nos desenvolvimento de competências essenciais, na qualificação da mão-de-obra e no relacionamento com fornecedores.

As empresas precisam literalmente repensar a sua visão do negócio, suas estratégias e conseqüentemente, sua maneira de planejar e executar a manufatura. Hayes & Pisano (1994) trabalham a orientação das estratégias para obtenção da necessária flexibilidade e rapidez de resposta em mercado crescentemente turbulento. Wiendahl & Scholtissek (1994) comentam este aspecto ao sugerir que as fábricas do futuro operarão segundo um modelo híbrido que combinaria diversas formas de organização. Mertins et alli (1993) complementam essas idéias mostrando como os processos produtivos fundamentados no que aqui se designou colaboradores serão elementos decisivos para a vantagem competitiva das empresas nos próximos anos.

## **2.2 Estruturas e Técnicas Básicas de Organização da Moderna Manufatura**

A seguir, são comentadas as principais características das técnicas modernas de manufatura e dos novos conceitos que têm sido para ela propostos. São estudadas aquelas que têm sido recorrentes na literatura e que são de interesse para os objetivos deste trabalho. Não cabe aqui entrar nos detalhes operacionais já conhecidos dessas técnicas, mas sim fazer uma breve avaliação de cada uma delas no que tange aos seus pontos fortes e limitações, além da sua adequação aos novos conceitos emergentes na manufatura. Mais particularmente, interessa estabelecer bases para análise e comparação com o conceito proposto neste trabalho.

### **2.2.1 Planejamento de Recursos da Manufatura**

O MRP- *Manufacturing Resources Planning* (planejamento de recursos da manufatura) evoluiu em complexidade e abrangência na mesma proporção em que os sistemas computacionais lhe permitiam. Iniciou a partir do controle de materiais (o MRP original, com o nome de *Materials Requirement Planning* - planejamento de requisitos de materiais), para depois envolver os demais recursos da manufatura (sob o acrônimo de MRPII) e, por último, agregar também os recursos financeiros e comerciais (incluindo, em alguns casos, também a rede de fornecedores), sob o acrônimo de ERP- *Enterprise Resource Planning* (planejamento de recursos do negócio). Este conjunto de tecnologias será referido, neste texto, indistintamente como MRP.

Idealmente, o MRP se propõe a retratar instantaneamente, através de um sistema de informações, a situação de um sistema de produção. Seria o sonho dos executivos: ter à mão uma ferramenta que lhes confira poder de planejamento e controle centralizado sobre todos os

sistemas de produção, finanças e fornecedores. Isso explica, em grande parte, o sucesso de vendas das ferramentas que prometem essa possibilidade. Explica também porque são, em geral, projetadas com grande ênfase na contabilidade de custos (Gumaer, 1996).

A lógica por trás do MRP é bastante simples, baseada que é em cálculos de somatórios do tipo “necessidade x disponibilidade” para definir-se alocações de estoque, de itens a comprar, de pessoal, de necessidade de caixa ou de carga de máquina. Como decorrência, tornam-se disponíveis diversos subprodutos de apoio gerencial baseados em análise matemática ou estatística.

O MRP é normalmente percebido como ferramenta adequada à manufatura em lotes para estoque ou por encomenda (produção não repetitiva), em que previsões são a base da programação da produção. Contudo, os seus horizontes têm-se ampliado até a sistemas de manufatura que extrapolam esse perfil, mesmo considerando-se que imprevisibilidades (de demanda ou de suprimento, principalmente) sempre afetam o seu desempenho (vide, por exemplo, Christensen & Alting, 1993; Mertens et alli, 1993; Hvolby & Højbjerg, 1994; Gupta & Brennan, 1995).

O MRP é uma importante ferramenta de gerenciamento, planejamento e previsão. Tem enorme potencial para identificar padrões em uma série de ocorrências aparentemente aleatórias. Oferece, conseqüentemente, um poderoso suporte ao aprendizado continuado sobre o processo produtivo. Contudo, como estudos têm comprovado, (a exemplo de Browne et alli, 1995; Samitt & Barry, 1993; Luo & Ren, 1993; Singh & Weston, 1993; Sinli et alli, 1994), o uso com sucesso do MRP tem sido muito baixo. E a razão em geral, é explicada por uma palavra: disciplina. O problema é que o mundo do computador precisa ser alimentado com dados confiáveis e significativos para que ele possa representar de alguma forma o mundo real. E o mundo real da manufatura convive com um certo sentido de urgência que não se coaduna com essa necessidade do computador, que acaba tachada de burocratização. Daí o MRP acaba funcionando, na prática, como mera base de dados e ferramenta de apoio contábil.

A situação piora quando se considera o dinamismo intrínseco às relações da moderna manufatura com seus mercados: diversidade crescente de produtos, mudanças frequentes de requisitos por parte dos clientes, lotes de entrega menores e mais frequentes - quando não urgentes - diminuição dos horizontes de previsão e assim por diante. Estudo conduzido por Dickens & Baber (1996) observou que a rigidez e complexidade do MRP tem inibido o desempenho e a evolução dos sistemas de manufatura, principalmente quando se trata da

introdução de novas formas gerenciais ou de tecnologias de integração. Em sistemas de manufatura dinâmicos é praticamente impossível utilizar-se o MRP eficientemente (Ehlers & van Rensburg, 1993 enumeram as exigências desses sistemas dinâmicos ao tentar solucionar algumas das limitações do MRP para esses casos).

O problema maior do MRP não está em si mesmo mas provavelmente na sua necessária sofisticação para que ele seja fiel na representação de um sistema de manufatura que se tornou por demais complexo, centralizador e hierarquizado. É interessante notar que o MRP começa a ter novas perspectivas justamente a partir da emergência de novos conceitos de manufatura que buscam superar estas limitações (Chamberlain & Thomas, 1995).

### 2.2.2 JIT- Just-In-Time

JIT é mais uma filosofia do que uma técnica, cujo objetivo é entregar produtos de qualidade nos prazos e quantidades solicitados. A técnica mais conhecida a ele associada é o Kanban (Ohno, 1988). O JIT ajusta a capacidade produtiva à demanda efetiva e às flutuações do mercado e, por conseqüência, ajusta também as necessidades de materiais e de recursos a esta demanda.

Um JIT busca, como princípio, expor os problemas para induzir soluções. Dessa forma, tenta, operacionalmente, atingir as seguintes metas:

- ◆ minimizar estoques, manipulação, tempos de preparação, tempos de processamento, defeitos e paradas de máquinas;
- ◆ aceitar lotes menores possíveis.

O grande objetivo, por trás dessas metas, é a redução global de custos tendo, como características importantes, a pequena inércia e descentralização dos processos de tomada de decisão. Possui, contudo, limitações: exige um ambiente de produção previsível, alcançável apenas pelos processos repetitivos, tem forte dependência dos fornecedores (implicando em alocar as fábricas próximas aos clientes para viabilizar a entrega mais freqüente e em lotes pequenos), além da sofisticação e aumento da complexidade do sistema de logística de materiais e de gerenciamento de fornecedores. Fawcett & Scully (1995) avaliam o desempenho dos sistemas JIT mostrando o potencial competitivo dessa filosofia e destacando o papel crítico do planejamento e organização do sistema de manufatura para que se tenha sucesso. Chang & Yih (1994) testam uma variante de sistema kanban que amplia a capacidade de aceitar variações de número de kanbans no processo, permitindo maior flexibilidade ao sistema. Modelos híbridos, que

incorporam ao JIT características do MRP (principalmente no macro-planejamento), também têm se mostrado viáveis (ver Jiang & Li, 1992; Samitt & Barry, 1993; Sillince & Sykes, 1994; Chang & Yih, 1994; Turbide, 1995).

### 2.2.3 Teoria das Restrições

O objetivo primário da TOC- *Theory of Constraints* (teoria das restrições) é aumentar o retorno financeiro do sistema de produção pela maximização dos fluxos, o que é feito através da administração dos gargalos da produção (Goldratt, 1992). Parte da premissa de que a otimização dos gargalos leva a otimizar a capacidade produtiva para maximizar o atendimento ao mercado, isto é, produzir-se o mais exatamente possível o que o mercado demanda: não mais, que gera estoque (e custo) inútil, e não menos, que significa perda de mercado e, conseqüentemente, de receita. Todos os recursos da manufatura são qualificados pela TOC como gargalos ou não-gargalos. Assume que só tem sentido econômico para o sistema os investimentos feitos na otimização dos gargalos. O conceito do TOC é útil em sistemas de produção com características hierarquizadas e complexas, nos quais se tornam importantes os valores dos pulmões (estoques de matérias-primas, intermediários, ou de produtos que visam amortecer as características estocásticas da produção e balancear sistemas heterogêneos em capacidade). Ronen & Star (1990) e Spencer & Cox (1995) discutem os fundamentos da TOC e sua aplicação na manufatura, particularmente os tipos de processos que melhor aproveitam os seus fundamentos, observando que a TOC pode ser vista como um complemento natural aos sistemas gerenciados por MRP. Pode ser também um complemento em sistemas que conjugam MRP aos princípios do JIT (Miltenburg, 1997). A propósito, Rolstadäs (1994) faz uma útil análise do MRP, JIT e TOC à luz das necessidades da manufatura atual e futura, avaliando o potencial e restrições das combinações. De qualquer forma, é preciso ter claro que a TOC é uma ferramenta adaptada aos modelos centralizados de gerenciamento da manufatura, só fazendo sentido em sistemas onde a complexidade é inerente, pois visa justamente administrar os seus problemas.

### 2.2.4 Controle Total da Qualidade

O TQC- *Total Quality Control* (controle total da qualidade, ver Juran & Gryna, 1991; Campos, 1992) é um conjunto de técnicas apoiadas na valorização do homem na empresa. Centra-se, portanto, na ação construtiva dos colaboradores. O TQC é fundamentado no conceito de melhorias contínuas e nas ações preventivas com perspectiva de longo prazo (trabalha a cultura organizacional).

Ambos os fundamentos pressupõem um processo gradual, lento, de pequenos, sucessivos e mútuos ganhos (para o capital e para o trabalho), com relações construtivas e estáveis. O investimento na educação e treinamento dos colaboradores (inclusive fornecedores e clientes) é inerente ao processo, bem como a valorização da cultura organizacional, formal e informal (vide, a propósito, Nadler et alli, 1994).

Não obstante, é preciso ter em mente que o TQC se apoia em fundamentos que podem se tornar conflitantes com as práticas gerenciais altamente dinâmicas que têm sido freqüentemente introduzidas na manufatura. Mudanças estruturais no sistema organizacional da empresa, envolvendo, muitas vezes, demissão de pessoal e terceirização de atividades, também podem jogar por terra o investimento e o tempo dedicados ao TQC por minarem as bases de relacionamento que o edificaram. As conseqüências são comprometedoras no caso de uma eventual retomada posterior do programa em TQC.

Nesse sentido, cabe uma contraposição aos métodos de Reengenharia (Hammer & Champy, 1994; Davenport, 1994), já que estes têm por objetivo exatamente a reestruturação rápida da empresa a partir dos processos organizacionais. Caso alternativas como esta venham a ser implementadas, cuidados têm que ser tomados para que haja um planejamento de forma a que o início de projetos em TQC ocorra após terem sido concluídos os processos mais traumáticos de mudança.

#### 2.2.5 Células Flexíveis de Manufatura

A Célula Flexível de Manufatura (FMC- *Flexible Manufacturing Cell*) foi uma evolução natural da manufatura celular convencional. Ao agrupamento de máquinas convencionais em torno de uma família de produtos, acrescentou-se maior flexibilidade de produto e de processo pela incorporação de recursos mais versáteis e automatizados de fabricação e de controle da produção. A FMC foi, de certa forma, uma primeira resposta tecnológica da manufatura à pressão por oferta de produtos mais variados e em lotes menores, através da introdução de uma arquitetura para produção no chão de fábrica mais ágil e flexível (Lepikson, 1990). Para tanto, as FMCs procuraram reagrupar os recursos e reorientá-los com maior ênfase no processo. Ajudou muito, nesse sentido, o suporte oferecido pela Tecnologia de Grupo (GT- *Group Technology*) na determinação, por conceitos de similaridade, dos itens a serem agrupados em cada célula (são referências, sob diversos aspectos na relação entre FMC e GT, os trabalhos de Gallager & Knight, 1986; Burbidge, 1991; Luong, 1993; Heragu & Gupta, 1994; Tatikonda, 1994; Gindy et alli,

1996). O contexto das FMCs estava, assim, delimitado: manufatura de lotes pequenos de produtos dentro de uma dada família (o que as encaixa bem tanto no conceito JIT como no MRP). Suas principais vantagens, em relação aos sistemas tradicionais são:

- ◆ redução e simplificação da movimentação de material;
- ◆ redução dos tempos de preparação;
- ◆ simplificação da programação e do controle da produção;
- ◆ melhorias da qualidade e da motivação do pessoal.

Certamente foi o sucesso da concepção celular flexível que mais contribuiu para a emergência dos novos conceitos de manufatura que vieram a surgir na década de 90. Todos eles, de alguma forma, incorporaram idéias básicas já contidas nas FMCs tais como: gerenciamento distribuído, modularidade dos processos, padronização de interfaces, especialização, flexibilidade operacional e equipes de trabalho.

Também é importante observar que a evolução das tecnologias associadas às FMCs (máquinas de alto desempenho e universais, flexíveis, de preparação rápida, redes locais de computadores, sistemas de programação de produção e gerenciamento de células, etc.) tem permitido que elas ocupem espaços antes dominados tanto por sistemas de manufatura dedicados, em uma direção, como por máquinas isoladas, em outra (figura 2.1, adaptada de Lepikson, 1990). Isso abre espaços para que as FMCs expandam sua área de atuação além dos nichos aos quais inicialmente se destinava (ver a propósito, Nyman, 1992; Harmon & Peterson, 1991; Hong, 1994; Burgess et alli 1993). Os sistemas flexíveis de manufatura (*FMS- Flexible Manufacturing System*) são agrupamentos de FMCs sob uma coordenação comum de sistema, logística, transporte e armazenagem (Lepikson, 1990).

As FMCs operacionalizam muitos dos fundamentos preconizados pelos novos conceitos ao nível do chão de fábrica. É preciso ter claro, contudo, que as FMCs possuem limitações que são transferidas para todo o sistema, a notar:

- ◆ leiaute rígido e pré-otimizado para determinada configuração, família de produtos e fluxos de materiais;
- ◆ tempos de preparação delimitados pela concepção do sistema e pela quantidade de máquinas a ajustar contidas na célula;
- ◆ tendência à especialização, com conseqüente formação de ilhas gerenciais preocupadas com a otimização apenas das partes.

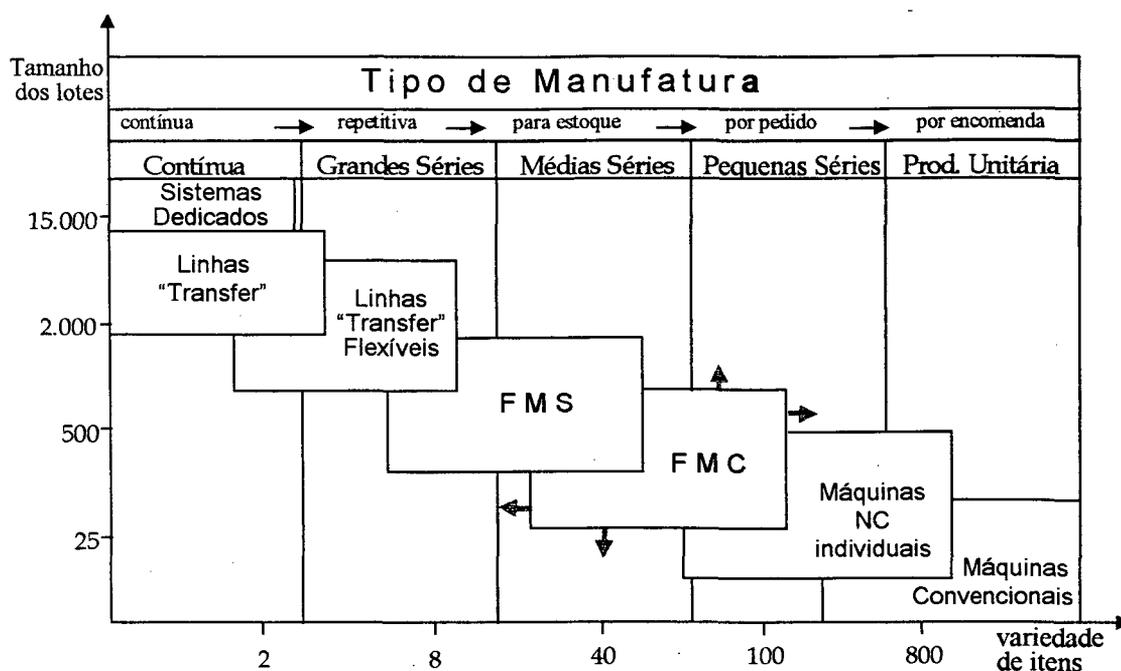


Figura 2.1- Delimitação da FMC no espectro da manufatura.

### 2.3 As Tendências mais Recentes

Analisando a manufatura mais especificamente sob a ótica do projeto e fabricação, a metodologia tradicional seguida desde o desenvolvimento até a entrega final dos produtos ao mercado obedece uma seqüência de fases estanques funcionando em malha fechada. Cada fase introduz novas restrições ao projeto e o devolve à fase anterior, reiniciando todo o fluxo, até que se chegue a uma solução satisfatória à empresa. Trata-se de um processo lento, departamentalizado e burocratizado, que inibe o desenvolvimento dos produtos ou dos processos produtivos. Nesse sistema tradicional, cabe ao cliente:

- ◆ aceitar as deduções do marketing acerca das suas necessidades, além das simplificações e restrições acrescentadas pelas engenharia e manufatura (já que ele não participa do processo de desenvolvimento);
- ◆ escolher aquele produto, entre os colocados à sua disposição no mercado, que mais se aproxima das suas expectativas em relação a desempenho, qualidade, entrega e preço.

Como bem mostraram Womack & Jones (1994), esses conceitos tradicionais de manufatura mostram-se inadequados à atual realidade dos mercados, onde os clientes estão cada vez mais segmentados e exigentes. Os autores oferecem subsídios interessantes sobre esse aspecto, quando analisam as características limitantes das tradições manufatureiras dos países hoje mais

proeminentes na área, como a americana, a alemã e a japonesa. Eles concluem que uma das maiores dificuldades enfrentada pelos países de industrialização mais antiga é o apego a conceitos arraigados que impedem assimilar a mudança de paradigmas que ocorre na manufatura moderna. Uma comparação com a situação brasileira permite inferir a possibilidade de reais benefícios estratégicos pelo aproveitamento dessa oportunidade, já que o País não padece tanto desse problema.

Complementando esses aspectos, ocorre uma pressão simultânea de uma série de eventos interrelacionados que contribuem para tornar ainda mais crítico o problema do gerenciamento da manufatura. Dentre eles, destacam-se:

- ◆ insucesso do MRP como ferramenta capaz de apoiar as estruturas de manufatura complexas além dos seus objetivos originais de gerenciamento de materiais e programação da produção;
- ◆ incapacidade das diversas ferramentas computacionais da engenharia (conhecidas como CAx) de se coordenarem adequadamente para orientar o processo de criação, desenvolvimento e fabricação dos produtos – ao contrário, têm contribuído para aumentar ainda mais a confusão;
- ◆ emergência de poderosos recursos de hardware, software e comunicação, que contribuem para tornar mais ágeis, mas também mais complexos, processos decisórios;
- ◆ assunção dos competidores globais e as conseqüentes mudanças organizacionais decorrentes, que impõem a necessidade de:
  - ◊ redução constante dos custos dos produtos;
  - ◊ encurtamento substancial dos tempos para colocação de novos produtos no mercado e para resposta aos movimentos estratégicos das empresas;
  - ◊ melhoria constante da qualidade dos produtos.

Além disso, os sistemas de gerenciamento da manufatura (SGM) tradicionais contam com limitações importantes (Timmermans, 1993):

- ◆ componentes complicados de gerenciamento e controle que dificultam o entendimento, pelos operadores, do comportamento do sistema;
- ◆ dificuldade de reconfiguração e expansão dos sistemas de gerenciamento e controle;
- ◆ custo elevado.

Estudo conduzido por Muhlemann et alli (1991) complementa estas afirmações, ao observar que as principais atividades das gerências e de suas equipes de produção não agregam valor ao produto (são atividades-meio, com características burocráticas apenas).

Outro estudo que ajuda a repensar o problema da eficiência da manufatura foi o desenvolvido por Heisel & Hammer (1992): baseados em definições de eficiência efetiva (normas alemãs VDI 3423 e 4003), foram pesquisadas diversas empresas européias que operavam com produção flexível ou seriada, chegando-se aos seguintes resultados:

- ◆ não há relação direta sensível entre eficiência do sistema e o tipo de produção (em massa, em lotes grandes, médios, ou mesmo pequenos);
- ◆ também não há diferença quando se analisa a eficiência em relação ao número de peças diferentes produzidas;
- ◆ a eficiência também não é alterada sensivelmente em função da frequência de troca de lotes (tipos de peças).

Por outro lado, o estudo observou que fatores organizacionais têm influência importante na eficiência efetiva:

- ◆ a eficiência aumenta significativamente quando o trabalhador é bem preparado para assumir a sua unidade e eliminar pequenas falhas sem intervenção externa (da programação da produção ou da manutenção, por exemplo);
- ◆ paradas nos sistemas devem-se muito mais a causas organizacionais do que técnicas (como, por exemplo, gerenciamento precário de ferramentas ou planos de processo falhos);
- ◆ sistemas que remuneram as equipes baseados em prêmios por produtividade têm eficiência bem maior se comparadas aos métodos tradicionais de prêmios baseado na produção individual (conseguem também índices de paradas por quebras menores e, de motivação da equipe, maiores).

Por todas essas (entre outras) razões, a década de 90 trouxe a necessidade de um sistema de manufatura que viesse complementar e, em parte, substituir os sistemas tradicionais, baseados em estruturas complexas e rígidas, e apoiados em técnicas de produção em massa. A consequência natural foi a emergência de um novo elenco de conceitos, todos voltados para uma abordagem mais interdisciplinar dos problemas da manufatura que podem ser agrupados em cinco grandes conjuntos:

- ◆ Manufatura “Enxuta” ou “Ágil” (Nagel & Dove, 1991; Womack et alli, 1992; Greenstein & Thomas, 1994; Roos, 1995; Muhlemmann et alli, 1991; Gallois, 1993);
- ◆ Fábrica Focada (Harmon & Peterson, 1991; Harmon, 1992; Hill, 1994);
- ◆ Manufatura Virtual ou Estendida (Parunak, 1994; Goranson, 1995; Kovak, 1995; Davidow & Malone, 1993; Kimura, 1993; Browne, 1995; De Toni et alli, 1993);
- ◆ Estratégia do Tempo (Stalk, 1988; Blackburn, 1991; Stalk & Hout, 1993; Goldman et alli, 1994; Hamel & Prahalad, 1995; Hayes & Pisano, 1994;);
- ◆ Manufatura distribuída (Timmermans, 1993; Warnecke, 1993; Winkler & Mey, 1994; Ueda, 1994; D'Amours et alli, 1995; Tharumarajah et alli, 1996; Reinhart & Köhne, 1996).

Segue-se uma breve caracterização de cada conceito emergente naquilo que mais de perto interessa aos objetivos deste trabalho.

### 2.3.1 Manufatura “Enxuta”

O termo Manufatura “Enxuta” (*Lean Manufacturing*) surgiu do estudo citado do MIT divulgado em 1988 (Womack et alli, 1992) para representar toda uma nova filosofia de manufatura baseada em técnicas originalmente surgidas no Japão, principalmente. Teve, como sucedâneo, o conceito de Manufatura Ágil (Nagel & Dove, 1991), similar em objetivos, mas com enfoque maior nas estratégias da manufatura. Ambos herdaram algumas das idéias de uma proposta então em voga, a engenharia concorrente (ou simultânea, técnica para otimização do desenvolvimento de produtos pela organização de equipes interdepartamentais, adaptada das técnicas japonesas para a realidade dos EUA, vide Evbuomwan, 1993; Sobolewski, 1994; Kuziak et alli, 1994; Vijayakumar & Patun, 1994). Além das idéias relacionadas à integração das funções e paralelismo das ações para o desenvolvimento de produtos, expandiram-na para dar maior ênfase à manufatura, tida como elemento vital e estratégico para a competitividade das suas indústrias. O conceito de Manufatura “Enxuta” baseia-se nas seguintes metas principais (Womack et alli, 1992; Womack & Jones, 1996):

- ◆ eliminação das etapas desnecessárias dos processos;
- ◆ alinhamento das etapas de cada atividade em um fluxo contínuo;
- ◆ organização do pessoal em equipes interdisciplinares dedicadas a cada atividade;
- ◆ melhoria contínua dos processos.

Isto é conseguido através das seguintes características principais:

- ◆ produção integrada, com pequenos estoques, usando gerenciamento JIT;
- ◆ ênfase na prevenção no controle da qualidade, em lugar da detecção ou correção;
- ◆ produção puxada pelos clientes (ao invés de empurrada por mecanismos de MRP);
- ◆ trabalho organizado com maior ênfase nas equipes;
- ◆ poucos níveis hierárquicos;
- ◆ equipes interdisciplinares dedicadas à eliminação de atividades que não agregam valor;
- ◆ integração de toda a rede de suprimentos, desde a matéria-prima até o cliente final.

O objetivo é tornar as empresas mais flexíveis e capazes de responder efetivamente às necessidades dos clientes e ainda conseguir desenvolver, produzir e distribuir produtos com a metade ou menos de esforço humano, espaço, recursos, tempo e despesas globais.

As tecnologias e ferramentas principais utilizadas pela Manufatura “Enxuta” são oriundas principalmente das chamadas técnicas japonesas de manufatura (Schomberger, 1986), dentre as quais se destacam os já comentados: JIT (e o Kanban) e TQC (incluindo o CEP- Controle Estatístico do Processo).

A estas se agregam a manufatura celular e o SMED- *Single Minute Exchange Die* (troca de matriz em um minuto, vide Shingo, 1985). Pode-se dizer que a Manufatura “Enxuta” é uma tentativa de se organizar, à forma da cultura manufatureira ocidental, os conceitos desenvolvidos ou adaptados pelos japoneses ao longo de sua busca de alternativas para competir com as empresas ocidentais, inclusive no que se refere à valorização da participação mais determinante do homem nos processos decisórios. Este aspecto é comentado por Bullinger et alli (1993), que também mostram como a Manufatura “Enxuta” tende a assumir alguns dos princípios das arquiteturas distribuídas (item 2.3.5 a seguir).

### 2.3.2 Fábrica Focalizada

O conceito de Fábrica Focalizada remonta aos princípios originalmente ordenados por Skinner (1974) para enfatizar a necessidade de foco na manufatura como forma de equacionar o fenômeno por ele cunhado como “fábrica escondida” que, por sua vez, designa toda a pirâmide de comando formada pelas estruturas compartmentalizadas que passam a ter vida própria e que não se relacionam diretamente com a produção, ou seja, não agregam valor. A necessidade de foco é também reforçada por Brown (1996), em função de duas prioridades estratégicas:

- ◆ necessidade de contar com auditoria da manufatura, o que se perde quando há desencontro entre os mercados atendidos e as habilidades e tecnologias da empresa;

- ◆ para evitar jogar a empresa em atividades que estão além das suas competências essenciais, o que quase sempre a leva a lidar com processos que não domina.

O conceito se espalhou entre diversas linhas de pesquisa e de implementação fabril (ver, por exemplo, D'Amours et alli, 1995; Schweiger, 1994). A Fábrica Focalizada assume que os grandes problemas a serem atacados são a centralização e a especialização funcional, além da sua conseqüente departamentalização, principalmente em função dos complicadores que surgem daí. Harmon & Peterson (1992) enumeram os principais:

- ◆ gerências distantes das operações, implicando em complexos sistemas de filtros de informações ao longo da pirâmide organizacional e atrasos nas respostas dos sistemas formais de controle, o que acaba reforçando as relações informais e paralelas (ver, a propósito, Nadler et alli, 1994);
- ◆ comunicações caóticas, impessoais, burocratizadas entre setores e departamentos;
- ◆ disseminação de posições gerenciais especializadas e funções de apoio administrativo, com conseqüências no aumento de burocracia, níveis hierárquicos e disputas setoriais por poder;
- ◆ funções de apoio desempenhadas por especialistas com remuneração mais alta do que o pessoal ligado às atividades fins, gerando distorções graves na organização (por exemplo, maior importância dada à manutenção do sistema de informática corporativa do que à dos equipamentos produtivos);
- ◆ decisões importantes deixam de ser tomadas porque os relatórios e análises numéricas só emitem dados frios e, muitas vezes, distorcidos, o que favorece às gerências se ocuparem de atividades normativas e burocratizantes para justificarem-se;
- ◆ o pessoal de escritório que decide raramente vai ao chão de fábrica conversar com quem produz para saber o que de fato se precisa para produzir (a tendência, nessa situação, é por exemplo, se decidir sempre pela compra de novos equipamentos ao invés de otimizar o existente);
- ◆ os operadores ficam muito restritos às suas ocupações específicas e vêem como muito distantes os setores que tomam decisões importantes sobre a sua área de trabalho (novos investimentos, compra de materiais e garantia da qualidade, por exemplo);

A Fábrica Focalizada assume que as fábricas pequenas gozam, nesses aspectos, de importantes vantagens sobre as grandes, inclusive por tirarem proveito da informalidade. O conceito se baseia, assim, na subdivisão das grandes fábricas em várias mini-fábricas com

autonomia gerencial visando obter maior foco nas atividades fins e maior agilidade de cada uma das unidades. As principais características buscadas pela Fábrica Focalizada são:

- ◆ excelente comunicação, reforçando o entendimento pessoal;
- ◆ gerências e pessoal de decisão controlando a fábrica no mesmo pavimento que o chão de fábrica;
- ◆ pessoal de apoio principal também distribuído entre as mini-fábricas (compras, manutenção, por exemplo) e passando a se familiarizar com a operação da mini-fábrica;
- ◆ gerência passando a ser multifuncional, acumulando funções que seriam de alguns especialistas;
- ◆ os próprios operadores assumindo serviços de apoio industrial mais básicos (manutenção preventiva e limpeza em suas áreas de atuação, por exemplo);
- ◆ maior esforço para economizar e otimizar os recursos existentes pela maior consciência de que estes são escassos e do impacto dos custos no desempenho de suas operações.

A Fábrica Focalizada também se apoia em alguns conceitos que são recorrentes nas demais alternativas:

- ◆ objetivo de simplificação dos processos e do gerenciamento;
- ◆ economias associadas à melhor utilização de recursos (no caso, especial ênfase ao aproveitamento de espaço físico);
- ◆ valorização da curva de aprendizado (vide Yelle, 1979);
- ◆ redução de estoques;
- ◆ adoção do JIT e TQC;
- ◆ organização por equipes de trabalho (em modelo próximo ao da Manufatura “Enxuta”);
- ◆ manufatura celular.

### 2.3.3 Manufatura Virtual e Estendida

O conceito de Manufatura Virtual se caracteriza pela organização baseada em FMCs interligadas por LANs (*Local Area Networks*, redes locais de computadores) que também servem ao planejamento, controle da produção, demais áreas da engenharia e funções corporativas. A configuração física da Manufatura Virtual não é importante, uma vez que a FMC é alterada de acordo com o leiaute demandado pela produção. Nessa concepção, uma FMC pode utilizar máquinas de outras células, ou mesmo independentes, para configurar uma Manufatura Virtual adequada ao processo. Harhalakis et alli (1996) apresentam uma proposta de um sistema híbrido

como o da Manufatura Virtual no qual as FMCs se associam a máquinas isoladas como forma de otimizar o desempenho do sistema e aumentar o seu espectro de abrangência. Gindy & Saad (1996) propõem um sistema dinâmico de programação da produção que visa a formação de células virtuais a partir do ajuste entre as disponibilidade e capacidade dos recursos e as demandas dos produtos em volume de produção e especificações.

Convém distinguir aqui este conceito do adotado por Raulefs (1994), Onosato & Iwata (1993), Boër & Jovane (1996) e outros, que usam o mesmo termo Manufatura Virtual para se referir a um método de controle da manufatura baseado em ferramentas de simulação e que não se aplica aqui.

A Empresa Virtual é uma abordagem mais recente e ampliada da Manufatura Virtual ao nível de empresa. Apesar de recorrer a elementos já citados na Manufatura Virtual e em outros conceitos, introduz alguns novos e tem objetivos distintos: reunir rapidamente competências espalhadas em vários empreendimentos distintos para aproveitar uma “janela de oportunidade” para projetar e produzir um determinado produto (Parunak, 1995). É subjacente ao conceito o fato de que a associação se encerra (e a Empresa Virtual deixa de existir) quando a “janela de oportunidade” se fecha. O que se tem na Empresa Virtual é uma matriz de especializações disponíveis em uma mesma organização ou de organizações diferentes que são colocadas à disposição para compor uma associação em torno do projeto e produção de um produto. Uma “empresa virtual” é constituída para liderar e gerir a associação, assumindo o papel de coordenador da malha de fornecedores e estabelecendo as regras contratuais de organização e convivência (porque o conceito da Empresa Virtual introduz toda uma problemática de relacionamento formal entre empresas). Em geral, esse papel é assumido pela empresa que descobre a “janela de oportunidade” e detém os canais de distribuição. Uma perspectiva interessante é colocada por Erb et alli (1995), quando demonstra que as vantagens da pequena empresa (agilidade, alto foco no cliente, menos mecanismos de controle, vide Fábrica Focalizada ) podem ser potencializadas através de uma Empresa Virtual formada por uma rede delas. Frick (1993) implanta esta concepção em um projeto piloto simplificado. McLean (1993) apresenta uma proposta de sistema integrado de informação para suportar a Empresa Virtual e explica a dificuldade de se obter sistemas eficazes pela falta de padrões que uniformizem as interfaces entre os diversos módulos CAx que devem ser integrados em ambiente heterogêneo. Os padrões emergentes para EDI (*Electronic Data Interchange* - intercâmbio eletrônico de dados), incluindo aí a Internet, abrem uma perspectiva interessante para as redes de fábricas que comporiam uma

Empresa Virtual (o que vem a ser uma convergência com as arquiteturas distribuídas, item 2.3.5, vide Upton & McAfee, 1996). Olbrich (1994) destaca os aspectos relacionados à organização interna de cada participante para se constituir Empresa Virtual cooperativa e eficaz. Browne et alli (1995) sugerem a perspectiva de se adotar o conceito da Empresa Virtual também internamente a uma empresa, o que introduz elementos organizacionais e gerenciais da relação fornecedor - cliente à Manufatura Virtual.

O objetivo estratégico da Empresa Virtual é diluir o investimento e o risco envolvido no desenvolvimento e introdução de produtos no mercado. As aplicações mais visíveis hoje estão nas indústrias de tecnologia intensiva ou com alto investimento para produção dos produtos, como informática, automobilística e aeronáutica. Alguns exemplos recentes de tentativas nessa direção podem ser encontrados em Hoffmann & Linden (1995) e Upton & McAfee (1996).

São características da Empresa Virtual (Goranson, 1995; Kovak, 1995):

- ◆ uso intensivo de EDI e de ferramentas CAx;
- ◆ adoção de TQC e JIT para uniformização de cultura de gestão da produção;
- ◆ uso intensivo de equipes de trabalho (na acepção da Manufatura “Enxuta”);
- ◆ aproveitamento intensivo da curva de aprendizado;
- ◆ foco nas competências existentes em cada participante da Empresa Virtual.

Outros autores como Browne (1995) ou De Toni et alli (1993), adotam o conceito de “Empresa Estendida” (*Extended Enterprise*), com proposta equivalente e leves diferenças em relação à Empresa Virtual, principalmente no tocante ao relacionamento (mais duradouro, apoiado em alianças estratégicas, se aproximando um pouco das idéias da Fábrica Focalizada ). Mais recentemente, Hunt et alli (1997) sugeriram a união dessas duas estratégias em único conceito, de empresa virtual e estendida, dada a convergência deles.

A principal restrição à Empresa Virtual (e extensivo à Manufatura Virtual) vem do seu caráter *ad-hoc*, que leva a relacionamentos oportunisticos, interesseiros e imediatistas, sacrificando quaisquer iniciativas que visem o longo prazo como, por exemplo, o desenvolvimento de tecnologia ou de competências essenciais.

#### 2.3.4 Estratégia do Tempo

O conceito de Estratégia do Tempo foi aqui incluído por se tratar de um modelo gerencial que tem impactos diretos na manufatura. Muitos de seus princípios têm, inclusive, sido aproveitados pelos conceitos de Manufatura “Enxuta” e Fábrica Focalizada. O princípio da

Estratégia do Tempo foi inicialmente introduzido por Stalk (1988), desdobrando-se, em seguida, em uma orientação estratégica para a manufatura que adquiriu especial relevância, apoiada nas orientações de Blackburn (1991) e Stalk & Hout (1993).

O objetivo principal da Estratégia do Tempo é o de incorporar a variável tempo como elemento de avaliação do desempenho da empresa, em complementação (e com igual status) aos tradicionais sistemas apoiados em contabilidade de custo, rentabilidade ou níveis de estoque. Para tanto, são aproveitados diversos elementos já presentes em outros conceitos, com ênfase para os seguintes:

- ◆ competências essenciais, para mais rápida e melhor resposta à demanda por novos produtos (ao invés de estoque físico de materiais e produtos, adota-se estoque de competências para gerar produtos rápida e versatilmente);
- ◆ concentração nas atividades que agregam valor e na otimização do uso dos recursos (inclusive rapidez de acesso a eles, conforme os conceitos implícitos em Fábrica Focalizada , Manufatura “Enxuta” ou filosofia JIT);
- ◆ manufatura flexível (FMC), para aumento da velocidade de resposta às demandas do mercado e horizontalização da produção (agilidade organizacional);
- ◆ estreitamento do portfólio de famílias de produtos por unidade produtiva (Fábrica Focalizada ), visando reforçar a especialização por competências;
- ◆ qualificação do pessoal, para permitir acentuar a delegação de responsabilidades (TQC) e, conseqüentemente, encurtar a “distância burocrática” entre quem faz e quem precisa (produto, informação, etc.).

Visando a reconstrução de uma nova estratégia de produção, o conceito de Estratégia do Tempo procura romper com alguns paradigmas tradicionais da manufatura, entre os quais se destacam (síntese a partir de Stalk & Hout, 1993; Gallois 1993; Hayes & Pisano, 1994; Hamel & Prahalad, 1995):

- ◆ o conceito atual de indústria é limitante pois as indústrias modernas tendem a ter suas fronteiras indefinidas (a exemplo de biotecnologia, eletrônica digital, entretenimento);
- ◆ as melhores oportunidades exigem integração de sistemas complexos, o que induz à cooperação estratégica (entre áreas de competência de uma empresa, entre empresas ou mesmo entre indústrias, vide Empresa Virtual);
- ◆ a competição deixa de ser entre produtos e passa a ser entre competências das empresas;

- ◆ a curva de aprendizado é valiosa mas pode significar também uma prisão a convenções existentes (perigosamente retrógradas), o que sugere se estabelecer também “curvas de esquecimento” visando romper com os ciclos perniciosos enraizados e abrir espaço para mudanças;
- ◆ grandes empresas não são inovadoras, são presas ao passado e à burocracia e os ganhos de escala não mais justificam os custos adicionais da complexidade imposta ao sistema;
- ◆ variedade de produtos não é conflitante com liderança de custos, quando se tem claro quais são os reais impulsionadores destes custos, daí que a especialização por competências facilita gerar muitos produtos, desde que coerentes com elas.

A Estratégia do Tempo enfoca, portanto, os aspectos organizacionais da manufatura e pode ser sinergicamente aproveitada junto com outros conceitos, como Empresa Virtual, Fábrica Focalizada ou Manufatura “Enxuta”. Destaque-se a ênfase dada ao papel do homem como centro dos processos produtivos. O enfoque da Estratégia do Tempo é muito ligado a dois conceitos importantes e associados que têm sido recorrentes nas novas estratégias para a manufatura:

1. “empresa-que-aprende”, conceito aqui usado para representar os diversos trabalhos que buscam a vantagem competitiva da empresa pela valorização do papel do homem e pelo estímulo da capacidade criativa de sua equipe, cujas bases foram discutidas por Nonaka (1991) e depois detalhadas em Nonaka (1994); seguem na mesma linha os trabalhos de Bloomquist (1994), Hamacher et alli (1994) e Klen (1996), sendo que os dois últimos utilizam este conceito no gerenciamento do chão de fábrica, e são complementados por Schroeder & Congden (1995), que ilustram o caso do auto-desenvolvimento de tecnologia na manufatura, e por Kannan, 1996 que aplica o conceito em FMC;
2. competências essenciais (*core competencies*), conceito cunhado por Prahalad & Hamel (1990), que demonstra que as empresas de manufatura hoje dependem fundamentalmente do patrimônio intelectual e da tecnologia desenvolvida na organização para se manter competitivas no mercado. As competências essenciais substituem a linha de produtos como centro das atenções da empresa, já que elas permitem o desenvolvimento de novos produtos adaptados a novos mercados e com a característica importante de serem difíceis de serem imitados. Vários aspectos da aplicação do conceito na manufatura são discutidos por Kesler et alli (1993), Quinn & Hilmer (1991), Davidow & Malone (1993), Lepikson (1995), Lopes & Camarinha (1995), Warnecke (1993).

Mahoney (1997) destaca o papel da Estratégia do Tempo como a alternativa mais importante, atualmente, para viabilizar a competitividade de empresas de manufatura em um cenário globalizado, por permitir associar, simultaneamente, as estratégias competitivas de custo e diferenciação. Handfield & Pannesi (1995) estudam o problema da Estratégia do Tempo sob a ótica dos sistemas de manufatura sob encomenda (certamente o caso mais sensível às influências do tempo nas interfaces), quantificando resultados de desempenho desde a rede de fornecedores até o sistema interno de produção, em um ambiente JIT. Os resultados evidenciam o potencial da Estratégia do Tempo para melhorias consideráveis na competitividade da empresa.

### 2.3.5 Manufatura Distribuída

Por Manufatura Distribuída entende-se todo um elenco de conceitos emergentes voltados para o gerenciamento e controle distribuído da manufatura que surgiu como tentativa de diminuir a complexidade dos sistemas visando torná-los mais competitivos em um meio ambiente turbulento. O termo “heterarquia” também tem sido utilizado para designar sistemas distribuídos quando estes estão associados a princípios de cooperação (Hatvany, 1985). Esses conceitos partem da constatação de que tende a aumentar continuamente a complexidade das arquiteturas centralizadas (isto é, hierarquizadas, com fortes relações do tipo “mestre-escravo”), que embutem sérias implicações em (Prabhu & Duffie, 1995):

- ◆ deterioração da resistência a falhas;
- ◆ restrição da flexibilidade;
- ◆ limitação capacidade de adaptação.

Timmermans (1993) suporta esta afirmação quando analisa comparativamente as arquiteturas centralizadas e distribuídas sob a ótica do controle do chão de fábrica, concluindo pela tendência inexorável na direção da Manufatura Distribuída. Um bom exemplo nessa direção é o da “rede dinâmica” (Anon., 1995). Arquiteturas distribuídas têm sido propostas como alternativas tidas como naturais visando superar o impasse a que chegaram os sistemas hierárquicos e seus princípios estão, em maior ou menor grau, contidos nos demais conceitos até agora expostos. Um elemento importante como habilitador da Manufatura Distribuída foi o desenvolvimento das tecnologias de informática, particularmente a evolução dos sistemas de processamento distribuídos e das redes de computadores (Duffie & Bollinger, 1980; Lesser & Corkill, 1981; Fox, 1981; Shaw, 1987). Também destacam-se o desenvolvimento de bancos de dados relacionais e orientados a objeto, EDI e interfaces (cada vez mais) padronizadas (vide, a

propósito, Schweiger, 1994; Kastelic et alli, 1993; McLean, 1993; Sodergren, 1994; Freund et alli, 1995; Lewis, & Singh, 1995, Loureiro & Carvalho, 1997).

Contudo, as arquiteturas distribuídas ainda apresentam resultados limitados, principalmente devido às abordagens baseadas em adaptar estruturas organizacionais existentes (alguns aspectos são discutidos por Miles & Snow, 1992; Hvolby & Højbjerg, 1994; Friedrich, 1996). Além disso, existem algumas restrições que precisam ser superadas (síntese a partir dos comentários de Prabhu & Duffie, 1995; Tönshoff & Glöckner, 1994; M. Hogg & Huberman, 1991):

- ◆ dificuldade de se fazer previsões teóricas de desempenho, dada a ausência de informações globais no sistema e da configuração dinâmica que este pode assumir;
- ◆ tendência ao comportamento caótico e instável, pela concorrência das partes por recursos (inclusive informação);
- ◆ otimização das partes, eventualmente em detrimento do conjunto (soluções globais sub-ótimas).

Em contrapartida, constata-se que as soluções ótimas em sistemas centralizados e complexos, como os são os coordenados por MRP, só são alcançáveis idealmente. Na prática, as informações já estão obsoletas quando se decide pela mudança. As soluções viáveis nesses sistemas acabam sendo também sub-ótimas (Parunak, 1987). Estudo feito por Benjaafar (1994) mostrou como o planejamento prévio da produção restringe a flexibilidade e engessa o desempenho do sistema, e como a tomada de decisão oportunística favorece à flexibilidade.

O conceito de Manufatura Distribuída tem sido motivo de vários outros estudos, a exemplo dos trabalhos de Lin (1993), Rohloff (1993), Hirsch et alli (1993), Iwata (1994), Wiendahl & Scholtissek (1994), Camarinha et alli (1994), Arzi (1995), D'Amours et alli (1995), Chiu & Yih (1995). Mais recentemente, têm chamado a atenção três linhas de pesquisa que estão atualmente em fase de desenvolvimento, todas baseadas em metáforas qualificadoras apoiadas em elementos da natureza:

- ◆ Sistema de Manufatura “Biônico” (*Bionic Manufacturing System*, Ueda, 1992; Okin, 1992; Ueda, 1994);
- ◆ Empresa Fractal (*Fractal Company*, Warnecke, 1993; Sihn, 1995);
- ◆ Sistema de Manufatura “Holônico” (*Holonic Manufacturing System*, vide Winkler & Mey, 1994; Valckenaers, et alli, 1994, McHugh et alli, 1995; Mathews, 1995; Dong et alli, 1995).

Os três conceitos assumem que as mudanças de paradigmas na indústria da manufatura afetarão profundamente o projeto e a operação dos sistemas de fabricação, os quais serão substituídos por estruturas mais orgânicas e inovadoras. A proposta desses conceitos é na direção de conglomerados de unidades distribuídas que operem cooperativamente.

O conceito do Sistema de Manufatura Biônico faz analogia com os princípios que regem a biologia para definir as propriedades básicas dos sistemas de manufatura. A idéia é que a manufatura possa se comportar com a mesma espontaneidade e harmonia da natureza. Por exemplo, uma unidade de produção no chão de fábrica seria comparada a uma célula viva na biologia. Como tal, ela seria isolada do mundo externo por uma membrana através da qual trocaria “substâncias” (energia, materiais e informação no caso da manufatura). O conceito prevê a existência de unidades coordenadoras, que agem como as enzimas nos seres vivos, disciplinando e harmonizando as ações das células. O Sistema de Manufatura Biônico entende também que os seres vivos são estruturados hierarquicamente (células formam órgãos, estes, seres e, daí, sociedade). Os processos ocorreriam, portanto, dentro de uma abordagem *top-down*, já que não se esperaria da célula capacidade organização para gerá-los. Outra característica é a relativa à modelagem dos sistemas de manufatura ou de suas unidades, na qual são aproveitados os princípios de divisão genética de células no qual o DNA exerce o papel de transmissor da estrutura genética (no caso da manufatura, estrutura do sistema de informações).

O conceito da Empresa Fractal aproveita-se da analogia com a geometria fractal, cuja principal característica é a auto-similaridade, implicando no comportamento recursivo segundo padrões que se repetem (aproveitando a idéia de seres vivos do conceito do Sistema de Manufatura Biônico, é como se toda célula viva seguisse um padrão identificável, apesar de serem mais ou menos diferentes, da mesma forma que os organismos compostos de células, e assim por diante). De modo análogo, a manufatura conteria essa auto-similaridade: unidades produtivas seriam vistas como fractais auto-similares, independentemente dos seus arranjos e funções internos. O mesmo aconteceria com o arranjo do chão de fábrica e demais estruturas. Fractais são auto-regulados e agem independentemente. O que existe em comum é um sistema de objetivos a serem perseguidos. Para que haja consistência e coerência nesses objetivos, é estabelecido um mecanismo baseado na cooperação e interação entre fractais, regulados por um sistema de herança de características (para dar coordenação). Isso é operacionalizado através de dois sistemas: de informação (para prover os dados necessários para manufaturar produtos e alocar os recursos para tal) e de navegação (para suporte à independência das unidades através da avaliação

e otimização constantes da sua posição e do seu progresso frente aos objetivos estabelecidos ou revisados). Os fractais são interpretados em 6 dimensões: cultural, estratégica, sócio-psicológica, financeira, informacional e tecnológica.

O conceito do Sistema de Manufatura “Holônico” vem de um neologismo cunhado na década de 60: hólón significaria uma entidade que é ao mesmo tempo o todo (“holos”, em grego) e parte de um todo (partícula menor, como em neutron, próton). O conceito parte de dois princípios: que um sistema complexo (um produto, por exemplo) evolui mais rápido e consistentemente se houverem formas intermediárias estáveis (sub-montagens) e que a noção de “todo” e “parte” na realidade são abstrações, já que eles não existiriam nos domínios da natureza ou da organização social (sempre haverá uma parte menor e um todo por construir). Hólons são, simultaneamente, unidades completas (um todo) e partes de um todo maior (de um conjunto de hólons que formam um hólón maior). Na tradução para a manufatura, o sistema seria um hólón formado pelo conjunto de células (por sua vez, também hólons), a fábrica por conjuntos de sistemas e assim por diante. A perspectiva do Sistema de Manufatura Holônico é, portanto, também hierárquica, orientada por tarefas e suas decorrentes funções. O funcionamento dos hólons é autônomo, porém regido por regras limitantes (cânones, na sua terminologia), que definem as configurações estruturais imutáveis e os padrões funcionais, e estratégias, que definem os passos permissíveis em função das contingências ambientais. As relações entre hólons podem ser de 2 tipos: cooperação (entre hólons no mesmo nível hierárquico) e coordenação (de um hólón superior em relação ao conjunto hierarquicamente inferior). A Tabela 2.2 (adaptada a partir de Tharumarajah et alli, 1996) faz uma avaliação comparativa entre os três conceitos acima descritos.

As pesquisas em torno do Sistema de Manufatura Biônico estão sendo lideradas por grupos japoneses de pesquisa, com adesão mais recente de pesquisadores europeus. O conceito da Empresa Fractal vem da Alemanha e, por enquanto, vem encontrando os principais adeptos entre os consórcios europeus de pesquisa. Já o Sistema de Manufatura Holônico é motivo, hoje, de um grande consórcio de pesquisa envolvendo universidades e empresas americanas, européias, japonesas e australianas.

## **2.4 Comentários Acerca dos Diversos Conceitos**

Como já se pôde perceber, os princípios que norteiam esses novos conceitos de alguma forma se interpenetram. A Estratégia do Tempo aplica algumas das idéias da Manufatura

“Enxuta”, enquanto Manufatura Virtual, Fábrica Focalizada e Manufatura Distribuída trabalham com a maior autonomia do poder de decisão das unidades produtivas, e assim por diante.

Tabela 2.2- Comparação das características dos conceitos de Arquitetura distribuída.

Parâmetro de Análise	Sistema de Manufatura Biônico	Empresa Fractal	Sistema de Manufatura Holônico
<b>a) Características conceituais</b>			
Abrangência	Cultural, estratégica, informacional, tecnológica	cultural, estratégica, sócio-psicológica, financeira, informacional, tecnológica	Estratégica, informacional, tecnológica
Definição de unidade	Células: flexibilidade e operação definidos por gênese	Fractal: entidade de serviço multi-dimensional (técnica, humana, cultural etc)	Funcional e pré-definida
Definição de grupo	Órgãos: divisão das células para suportar certa funcionalidade; mais dinâmico	Pré-definido e recursivo como os fractais; reagrupamento também dinâmico	Conjunto de hólons pré-definidos que cooperam em determinada função; mais estático
Autonomia da unidade	Alta, células capazes de definir operações em função de mudanças ambientais	Alta, ajustada pelos objetivos individuais, adaptabilidade pela vitalidade da unidade	Alta independência na cooperação para definir objetivos e tarefas, limitada pelos cânones
Autonomia do grupo	Funções dos órgãos pré-definidas pelas gênese e autonomia operacional	Herança de fractais auto-similares e autonomia de objetivos; também reestruturação dinâmica	Estratégias flexíveis sujeitas aos cânones fixos com formas intermediárias fixas
Sinergia do Grupo	Alta, integração de órgãos para formar conjuntos	baixa, limitada pela capacidade de disciplinar os fractais ao conjunto	média, pelos limites impostos pela pré-definição dos cânones
<b>b) Características operacionais</b>			
Coordenação hierárquica	Especificações: <i>top-down</i> decisões: <i>bottom-up</i>	<i>Top-down</i> e <i>bottom-up</i> em função da coordenação concorrente de objetivos	<i>Top-down</i> como planos incompletos e <i>bottom-up</i> como decisões e desempenho
Coordenação lateral	Indireta, através de ambiente compartilhado pelas células e “ação enzimática” dos coordenadores	Rede de comunicação e cooperação com “navegação fractal” para avaliação da situação	Comunicação hierárquica e cooperação entre hólons
Planejamento e controle	Mínimo: a maioria como reação a uma situação emergente; concorrente	Contínua, como revisões de objetivos entre fractais “pais-filhos”	Algum planejamento em nível mais alto; a maioria, dinâmica e concorrente por comunicação
Avaliação de desempenho do grupo	Indireta, pela ação enzimática dos coordenadores	mínima, pela ação independente dos fractais	Alta, pela estrutura hierárquica do sistema de decisão

Algumas palavras-chave são recorrentes:

- a) positivas: agilidade, competências essenciais, modularidade, interdisciplinariedade;
- b) negativas: complexidade, hierarquia, organização funcional.

É interessante observar que esses conceitos embutem premissas comuns:

- ◆ todos partem do princípio de que a concepção tradicional de manufatura centralizadora e hierarquizada não mais se adapta à realidade atual e, muito menos, às necessidades futuras;
- ◆ todos procuram escapar da abordagem reducionista característica das metodologias tradicionais de análise dos sistemas de manufatura (baseadas nos princípios tayloristas, ou seja, procurar separar um grande problema em outros sucessivamente menores até estes ficarem confortáveis de serem resolvidos separadamente e de forma específica)
- ◆ todos assumem uma abordagem integrada e abrangente do problema extrapolando o aspecto meramente tecnológico (predominante até a década de 80) para também envolver os humanos e organizacionais (constituem referências adicionais, nesse aspecto, os trabalhos de Anfindsen, 1995; Bloomquist, 1994; Charney, 1991; Hitomy, 1994; Kovács & Moniz, 1995);
- ◆ todos os conceitos são construídos a partir do chão de fábrica e são, de certa forma, nele centrados, além de buscar dar-lhe mais autonomia e capacidade de decisão como estratégia para assegurar maior competitividade à empresa;
- ◆ todos se apresentam como alternativas que se propõem a produzir resultados extremamente positivos, de ordem escalar, como, por exemplo, ganhos de 2 vezes em produtividade, redução de estoques a 1/10, redução do tempo de processamento de meses para dias, etc. (exemplos de casos e justificativas para esses resultados podem ser encontrados em Goldman et alli, 1994; Davidow & Malone, 1993; Gunn, 1993; Wiendahl & Scholtissek, 1994; Womack & Jones, 1994; Harmon, 1992; Hamel & Prahalad, 1995).

Além disso, todos esses conceitos introduzem alguns elementos que lhes são comuns e subjacentes:

- ◆ simplificação das estruturas produtivas (com implicações, em geral, na diminuição do porte das suas unidades);
- ◆ minimização das atividades que não agregam valor e otimização das que agregam;
- ◆ concentração nas competências essenciais, que passam a ser reconhecidas como elemento estratégico na organização da manufatura;
- ◆ valorização das estratégias de longo prazo para orientação do sistema produtivo (o que também significa uma reorientação das estratégias tradicionais baseadas na lucratividade em curto prazo);

- ◆ redefinição do papel do homem, traduzido principalmente em:
  - ◊ valorização do trabalho em equipe;
  - ◊ aproveitamento máximo possível da capacidade intelectual (o que também significa especial ênfase à educação e ao treinamento);
  - ◊ diminuição dos níveis hierárquicos de gerenciamento na empresa;
  - ◊ redefinição dos parâmetros de valorização do profissional e de incentivos à produtividade e à ascensão profissional;
- ◆ novos parâmetros de avaliação de desempenho do sistema produtivo e de contabilidade de custos;
- ◆ reformulação das bases do relacionamento com os fornecedores, estrategicamente apoiada na racionalização da rede, relações de longo prazo, confiança (inclusive no desenvolvimento de tecnologia), e até a abertura mútua da contabilidade de custos (inclusive para formulação de preços e no aproveitamento da curva de experiência, vide Lyons et alli 1990; Quinn & Hilmer, 1991; Dyer & Ouchi, 1993).

Percebe-se que, a despeito das diferenças de abordagem ou prioridade, existe uma certa direção comum nos esforços de adequar a manufatura aos novos tempos. Contudo nenhuma das alternativas apresentadas se mostra como definitivamente capaz de responder às demandas integrais das empresas no que se refere a um novo paradigma de produção (exceção feita, nesse caso, às eventuais perspectivas oferecidas por algumas das propostas de arquitetura distribuída, em fase inicial de desenvolvimento e ainda não testadas). Elas podem e devem ser vistas como passos nessa direção, inseridas que estão em um processo de amadurecimento da indústria de manufatura.

Esses novos conceitos têm provocado, como era de se esperar, muita confusão, principalmente pelo seu pouco amadurecimento e pela necessidade que eles impõem de se reformular fundamentalmente toda uma base conhecimento que já está consolidada e arraigada, oferecendo segurança a quem as gerencia. O caminho da síntese (entre a tese tradicional e a antítese das novas propostas) ainda está sendo trilhado. Os próximos capítulos são mais uma contribuição nesse sentido.

### **3 Bases Teóricas do Modelo**

O modelo proposto nesta tese recebe, apropriadamente, o acrônimo de SOMA - Sistema Orgânico de Manufatura Autônoma. Ele faz uso de um conjunto de conceitos e técnicas que precisam ser previamente discutidos a fim de que se possa entender as razões que determinaram as decisões tomadas ao longo deste trabalho.

Inicia-se a discussão pelos conceitos que fundamentam o modelo, tomando como base os elementos comentados no capítulo 2. Primeiramente se detalha a idéia de autonomia que é implícita no próprio conceito do SOMA, e de competências essenciais, já que esta é o principal fundamento que suporta esta autonomia. Em seguida, é introduzido o modelo de negociação, que operacionaliza os princípios de organicidade e autonomia do SOMA. Este modelo de negociação, por sua vez, depende de princípios determinados de custos e de avaliação de desempenho, que são comentados a seguir. Por último, é discutido o problema da validação do modelo do SOMA, que depende de ferramentas adequadas mas que, por outro lado, precisam atender a requisitos específicos devido às características do modelo.

#### **3.1 Autonomia e Competências Essenciais**

As abordagens distribuídas já comprovaram a sua eficácia na manufatura desde a disseminação das FMCs e do JIT. A tendência para essa orientação pode ser verificada também nos diversos conceitos propostos, seja de forma explícita (como na Fábrica Focalizada, na Manufatura Virtual ou, obviamente, na Manufatura Distribuída), ou implícita (como na Estratégia do Tempo ou na Manufatura “Enxuta”).

As propostas da Manufatura Distribuída que, em princípio, deveriam sintetizar as diversas concepções de arquitetura distribuída, abrigam, contudo, conceitos díspares em concepção e consequência, que vão desde os disfarçadamente hierárquicos e departamentalizados (como os sistemas Biônico ou Holônico de manufatura) até os mais radicais, nas quais peças e recursos possuem independência e autodeterminação (a exemplo da proposta de Lin, 1993, explicada adiante).

O conceito de autonomia está associado à capacidade de autogestão das unidades e tem duas vertentes, cada uma com quatro elementos fundamentais, vistos na tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Vertentes da autonomia na manufatura e seus elementos fundamentais.

<b>Organizacional</b>	<b>Técnica</b>
Integração dos Colaboradores	Orientação por produto
Competências essenciais	Adaptabilidade
Cultura organizacional (formal e informal)	Tolerância a falhas
Descentralização	Aprendizado

A vertente organizacional se preocupa com os aspectos humanos (culturais inclusos) e gerenciais das unidades. A integração dos colaboradores ocorre, em primeira instância, dentro das unidades e, em segunda, pela necessidade de colaboração gerada entre as unidades para complementação das competências (as competências essenciais e a cultura organizacional agem, desta forma, como catalisadores nesse processo). A descentralização é uma imposição organizacional para que a autonomia tenha efeito e parte da definição da visão e da missão do negócio para orientar as estratégias de gerenciamento descentralizado que permearão a empresa em todos os seus níveis (não basta a manufatura ser descentralizada, se ela estiver presa a uma organização centralizada).

A vertente técnica traduz a autonomia em mecanismos operacionais. A orientação por produtos, no caso, cria meios para que os processos possam fluir segundo a lógica determinada pelo sistema autônomo. Da mesma forma, a adaptabilidade introduz os meios para que o sistema perceba as mudanças externas à unidade e redefina sua forma de operação. A tolerância a falhas, termo emprestado da teoria de controle, está associada à capacidade do sistema maior continuar operando independente de falha ocorrida em alguma de suas unidades. O aprendizado se relaciona à capacidade do sistema traduzir a experiência em formas práticas de otimização da operação da unidade.

Arquiteturas distribuídas e autonomia estão em certa medida associadas. Quando se fala em sistemas de manufatura de fato distribuídos está implícito um alto grau de autonomia das suas unidades. No caso da citada proposta de Lin (1993), as entidades (por exemplo, peças) a serem fabricadas incorporam certo grau de inteligência (incluindo os planos de processo alternativos) a fim de poderem autonomamente escolher quais recursos utilizarão dentre os que se mostram disponíveis para cada nova etapa do processo, de forma incremental e anárquica. Na abordagem de Reinhart & Köhne (1996), a autonomia é definida ao nível de células que reproduzem as

FMCs. Os recursos são coordenados, internamente, pelo controlador da célula através de um mecanismo de distribuição de tarefas.

A modularidade favorece ao aumento da confiabilidade e tolerância a falhas. Nos sistemas centralizados, problemas localizados, como a paralisação de uma máquina, se propagam a todo o sistema, gerando perturbações importantes, quando não paralisações. Já nos sistemas distribuídos, graças à sua modularidade, há maior imunidade a este tipo de problema, uma vez que falhas em uma unidade pouco se propagam ao sistema maior (ver, a propósito, Hammer et alli, 1994; Reinhart & Koch, 1996). A confiabilidade também está associada à simplicidade das unidades e à menor quantidade decorrente de problemas potenciais que poderiam comprometer o seu desempenho. Fica fácil de sentir o problema ao se observar que a variância da soma de variáveis independentes é igual à soma das variâncias individuais, o que é o caso de sistemas modulares e distribuídos como o SOMA, onde as unidades são independentes.

Se a comparação for feita com sistemas complexos centralizados que contam com várias etapas e módulos interdependentes (a exemplo de uma linha transfer coordenada por MRP), a situação piora muito, já que a variância passa a ser calculada pelo produto das variâncias das partes.

Além das vantagens já vistas, a concepção modular e autônoma resolve também uma contradição dos sistemas de manufatura convencionais: ou eles são flexíveis mas complexos, ou então são simples mas especializados e inflexíveis (Parunak, 1991). Segundo a concepção tradicional, uma empresa tem que optar pela estratégia concorrencial que pretende assumir: liderança em custo ou diferenciação (Porter, 1991). A primeira opção impõe a necessidade de se operar baseado em economia de escala com mínimos investimentos em áreas que não estejam relacionadas ao controle direto dos custos de produção, distribuição e vendas. Já a estratégia de diferenciação se orienta pela liderança através da inovação e da qualidade, buscando novos produtos para mercados existentes, ou mercados novos para os produtos. Esta visão de que as estratégias são excludentes entre si é incompatível com as perspectivas dinâmicas dos mercados atuais. Esta perspectiva já era analisada por Fernandes & Lepikson (1995) ao demonstrarem o potencial de se associar as duas estratégias com sucesso. Também Day (1989), e Corsten & Will (1993) oferecem subsídios que auxiliam a conceber essa possibilidade. Ela é uma importante evolução no modelo de Porter e potencializa meios para a diferenciação alavancar melhorias em custo e vice-versa.

Importante observar que a diferenciação não ocorre necessariamente através dos produtos ou serviços, mas das competências. As competências que definem as unidades refletem o aprendizado coletivo que permite reunir diferentes conhecimentos para integrar tecnologias que, por sua vez, geram os produtos ou serviços. A organização de cada grupo de competências é feita em torno de uma família de produtos (baseadas nos princípios da GT - ver, a propósito, os comentários de Burbidge, 1993, sobre as perspectivas da GT como suporte aos novos conceitos emergentes e de Klen, 1996, sobre as categorias de GT preferidas para esse tipo situação). As famílias poderão ser mais ou menos restritas, de acordo com a capacidade e a conveniência de as gerenciar.

### **3.2 O Modelo de Negociação**

Quando se fala em negociação, associa-se a ela, de imediato, um elenco de atividades burocráticas (quando não jurídicas) visando definir as bases do relacionamento entre as partes, no caso, entre fornecedor e cliente. Pressupõe-se uma relação conflituosa, em que as partes procuram defender-se da melhor maneira possível aos interesses egoístas da outra. O compromisso e preocupação é apenas com a própria sobrevivência. Como consequência, as negociações se caracterizam pela complexidade e alto nível de preocupação com detalhes. Contudo, existem sistemas conhecidos que utilizam mecanismos simples de negociação, a partir do pressuposto da confiança entre as partes. Esta situação é particularmente facilitada em ambientes homogêneos, como é o caso de uma fábrica, ou grupos de fábricas com clara identidade de objetivos. Harmon & Peterson (1991) ilustram (visando o caso da Fábrica Focalizada) como se pode estruturar um sistema sem burocracia, apoiado em alternativas simples de ordens de serviço e com certa informalidade nas relações interpessoais. Frise-se que esta postura de negociação simplificada, baseada na confiança entre as partes e no senso de direção comum é totalmente diferente do que se aprende nos cursos de técnicas de negociação visando relações de comércio.

As relações entre unidades independentes do SOMA são calcadas em um modelo de negociação simplificado cujos princípios foram inicialmente delineados por Smith (1980) e depois detalhados por Smith & Davis (1981) e Davis & Smith (1983) para resolver problemas de sistemas computacionais distribuídos. As idéias de chamadas e negociação de tarefas já eram descritas nesse modelo, como também a avaliação do seu desempenho em comparação com abordagens seqüenciais e hierarquizadas para resolução de problemas computacionais. Foram

identificadas, nesse modelo, características positivas de velocidade, confiabilidade, expansibilidade e de tolerância a dados imprecisos.

Paralelamente, Fox (1981) também estudava as estruturas distribuídas em sistemas computacionais, focando no problema da organização para distribuição e controle das tarefas e avaliando as características de complexidade do sistema e incerteza dos resultados. O uso de mecanismos de negociação era cogitado como forma de reduzir a complexidade do controle. Duffie & Bollinger (1980) comprovaram a robustez dos sistemas distribuídos de processamento de informação, além da sua intrínseca capacidade de resistência a falhas e flexibilidade de controle.

Hatvany (1985) e Parunak (1987) aplicaram o modelo de negociação de Smith & Davis no domínio da manufatura. O primeiro elaborou os requisitos de uma arquitetura distribuída enquanto o segundo a descreveu em torno de um sistema de controle de tarefas no chão de fábrica (ainda que baseado no modelo hierárquico do NIST, comentado no item 3.5.1). Um modelo genérico era proposto para o controle local da programação da produção, no qual já podia antever o problema da falta de percepção do conjunto, característico dos sistemas distribuídos. Era proposto um mecanismo de alívio dessa ignorância de conjunto pela distribuição de cópias de uma programação global oriunda de um sistema MRP ou OPT (o que acabava por resgatar problemas dos sistemas centralizados). Já então os autores alertavam para a correta determinação do nível de autonomia para não se perder em representatividade nas unidades muito centralizadoras, nem em operacionalidade nos sistemas por demais atomizados, que tenderiam a gerar situações inadmissíveis.

Upton et alli (1991) compararam os sistemas hierárquicos e heterárquicos de programação da produção e aplicaram o modelo de negociação como alternativa aos mecanismos clássicos de programação pela teoria das filas e comprovaram a exequibilidade do modelo, em uma situação específica, através de simulação. Miles & Snow (1996), também com o objetivo de diminuir a complexidade do sistema e aumentar a agilidade da organização (desta vez voltadas a negócio), introduziram o conceito de redes dinâmicas para explicar organizações distribuídas orientadas por mecanismos de associação e subcontratação associadas a estratégias de mercado. Agentes intermediadores garantiam a sinergia dos demais agentes independentes da rede formada.

Uma possibilidade interessante advinda desses trabalhos foi a de eliminação de toda uma série de problemas decisórios do tipo comprar-ou-fazer, característicos das organizações centralizadas e bastante significativos na manufatura (ver, a propósito, Probert et alli, 1993).

Lin & Solberg (1992) e Lin (1993) deram mais um passo na direção de sistemas radicalmente autônomos ao fazer uso do modelo de negociação para modelar um sistema para controle do fluxo de tarefas em um sistema de manufatura computadorizado. Nesse modelo, baseado nos citados princípios delineados por Smith & Davis, a negociação é feita diretamente entre peças e recursos (máquinas, dispositivos, ferramentas, transportadores, etc.), de forma oportunística: ao final de cada etapa de processamento, uma nova é negociada, associando mecanismos de preços e objetivos heurísticos. Para tanto, cada peça agrega um certo nível de inteligência: ela conhece os seus planos de processo alternativos (e os recursos associados), além do valor que pode em princípio pagar por cada tarefa (um “crédito” lhe é fornecido no início do processo, correspondente ao montante que se espera pagar pelo conjunto de tarefas). Uma série de algoritmos heurísticos é introduzida visando solucionar conflitos e situações de bloqueio do sistema. Como as prioridades são definidas principalmente pelo preço pago, há uma tendência das peças de baixo valor serem esquecidas no sistema quando ele está mais carregado, o que impõe mecanismos específicos de controle para evitar o acúmulo dessas peças. Percebe-se daí que os prazos de fabricação não são determinísticos. Simulações comprovaram a viabilidade da abordagem para as situações específicas testadas.

Toshimichi et alli (1992) desenvolveram proposta similar que se apoia em elementos da análise orientada a objetos para modelar o sistema e mecanismo de negociação. As relações se baseiam em quatro elementos (peças, planos de processo, equipamentos e operações). Peças e equipamentos (basicamente FMCs e transportadores) negociam as tarefas baseados nos seus estados momentâneos (livre/ocupado), sob a tutela de um objeto coordenador que utiliza estes elementos e algumas regras heurísticas. Iwata & Onosato (1994) propuseram um sistema de gerenciamento da manufatura (SGM) baseado em mecanismos de negociação para sistema de produção sob encomenda em que a programação, induzida pelas próprias características desse tipo de sistema, segue uma abordagem *bottom-up*. Um gerenciador mestre recebe ordens de produção e as organiza em forma de propostas e segundo os processos detalhados que devem ser executados. Na proposta constam os prazos de entrega e os valores das tarefas (inclusive valores de punição por atraso). As máquinas possuem certa inteligência para tomada de decisão (chamados gerenciadores). Esses gerenciadores analisam as propostas, verificam sua capacidade de atender os processos determinados, buscam as complementações em outros gerenciadores, agrupam-se e respondem ao gerenciador mestre. Este escolhe os executores, controla a execução e aplica os pagamentos ou penalidades.

Também Ramos (1994) e Rabelo & Camarinha (1994) fizeram uso dos princípios de negociação para desenvolver sistemas de programação dinâmica da produção, em modelos semi-hierárquicos. O primeiro se preocupou em estabelecer meios para que tarefas a serem cumpridas (ou reprogramadas) encontrem os recursos aptos a executá-las. Um gerenciador de recursos assume a tarefa de coordenador desse processo. De forma similar, o segundo se baseou em um supervisor de programação para escolher os recursos, agrupando-os em consórcios que se assemelhavam a células virtuais de manufatura para executar um conjunto de tarefas. Os consórcios escolhidos assumem esse conjunto de tarefas, executa-o e se encerra após o objeto contratado ser entregue.

Tsukada & Shin (1994) adotaram os princípios da negociação para, em sistemas de manufatura distribuídos, resolver localmente o problema da reprogramação da produção em caso de falha de algum recurso, sem necessidade de reprogramação global. Teste dos algoritmos em simulação apresentaram resultados satisfatórios para as condições avaliadas.

Mais recentemente, Márkus et alli (1996) propuseram um SGM para o ambiente Holônico de manufatura baseado em mecanismos de negociação que incorporam a variável preço como base de barganha entre as unidades (no caso, recursos elementares constituídos por máquinas). Um sistema ordenador de pedidos gera as ordens de produção em estilo similar ao do MRP sem, contudo, fazer programação prévia das tarefas. Estas são negociadas pela barganha de preço com as unidades (o ordenador propõe um preço e o vai elevando até que haja interesse de alguma unidade em executá-la com lucro). A abordagem se baseia, desta forma, na busca do maior lucro possível de curto prazo por cada uma das partes do sistema, em detrimento do desempenho do conjunto, em uma relação, dita pelos autores, como egoística e oportunística.

Numa abordagem um pouco diferente, Maturana et alli (1996) propuseram um sistema integrado para planejamento e programação da produção visando o ambiente de Engenharia Concorrente que parte da configuração gerada no CAD (características geométricas e de processo, tolerâncias, etc.) para gerar os processos, planejá-los e depois aloca-los. O mecanismo de negociação é adotado em duas instâncias: primeiro para definir os recursos aptos a cumprir as tarefas previstas (planejamento) e, segundo, para programar cada uma das tarefas entre os recursos de forma oportunística. o que é feito por um gerenciador de recursos que age de forma similar aos demais vistos acima.

Como se pode perceber desse elenco de trabalhos, diversas propostas, sob as mais variadas configurações, vêm sendo testadas visando tornar o modelo de negociação uma alternativa

interessante para operacionalização dos sistemas distribuídos em manufatura, com resultados encorajadores. Entretanto, apesar das contribuições importantes, esses estudos vêm tendo certa dificuldade de se viabilizar como alternativas efetivas pelas seguintes razões principais identificadas:

- ◆ resultados limitados a situações específicas;
- ◆ radicalismo das propostas, manifestado através:
  - ◇ do esforço computacional exigido, incompatível com as possibilidades de organização e de tempo dos processos;
  - ◇ exigência de hardware sofisticado e caro para adoção na manufatura;
  - ◇ uso intensivo de sistemas computacionais integrados em tempo real;
- ◆ complexidade dos sistemas, dependentes de soluções altamente automatizadas, de heurísticas sofisticadas e de softwares especializados (inteligência artificial, por exemplo);
- ◆ necessidade de alterações substanciais na infra-estrutura e nos métodos gerenciais para viabilizar a implementação;
- ◆ distância dos padrões organizacionais existentes, dificultando o entendimento e assimilação pela cultura das empresas;
- ◆ dificuldade de gerenciar satisfatoriamente a explosão de eventos concorrentes gerados.

Este último item, em particular, merece uma explicação mais detalhada (feita a seguir), por se tratar de um problema inerente às arquiteturas distribuídas, e nem sempre bem resolvido.

Um aspecto crítico que surge nos sistemas distribuídos é relacionado ao risco de descontrole ante a possibilidade das entidades se perderem devido ao aumento da complexidade das relações, decorrente de:

- ◆ quantidade de interfaces existentes;
- ◆ resultados de ações que ocorrem de forma concorrente;
- ◆ acréscimo exponencial do número de mensagens trocadas em situações anormais.

Este problema tende a se agravar à medida em que há atomização das unidades e aumento da frequência de busca por recursos compartilhados. Essa situação, conhecida como caos, demanda uma atenção específica quando do projeto do sistema.

Perkins & Kumar (1989) ilustram um caso de programação da produção em sistemas distribuídos, no qual a estabilização é dificultada pelo problema do caos. Hogg & Huberman (1991) fazem uma análise acurada do problema e propõem um conjunto de algoritmos para

avaliação da situação e um mecanismo de recompensa para ordenação de prioridades como forma de aumentar a previsibilidade do sistema. Trabalho conduzido por Nof (1994) baseado em um modelo similar de negociação entre partes e recursos para execução de tarefas a nível elementar (a exemplo de peças e recursos), observou e quantificou as limitações impostas ao sistema pelo volume gerado de mensagens transacionadas e pelo seu controle decorrente. Foram relacionados alguns aspectos geradores de tendência caótica das relações e incluídas sugestões para contorná-los. Mais detalhes sobre este problema podem ser vistos em Parunak (1991) e Wiendahl & Scholtissek (1994).

### 3.3 Custos na Manufatura

Não é objetivo deste trabalho adentrar nos meandros dos aspectos contábeis do problema de custos, mas é importante apresentar uma orientação sobre a estrutura definida para uso do sistema.

Uma primeira questão a se avaliar é quanto à metodologia a ser seguida. Existe um certo consenso de que os modelos contábeis tradicionais já não correspondem às necessidades da manufatura moderna. Os sistemas tradicionais de custeio foram projetados para uma época em que mão-de-obra e materiais eram os fatores dominantes de produção e se tinha tecnologia e linha de produtos estáveis. Atualmente, já se tem como certo que as agregações de custos indiretos aos produtos a partir de *overheads* sobre os fatores primários de produção (mão-de-obra e materiais) induzem a distorções importantes (ver, a propósito, Ching, 1995; Severiano, 1994). Elas acabam, muitas vezes, penalizando justamente os produtos mais rentáveis em favor de subsídios a outros. Isso se deve ao fato de que na manufatura moderna os *overheads* se tornaram por demais representativos em relação aos custos diretos de produção. Dois fatores contribuem fundamentalmente para tanto (Brimson, 1991; Coppini et alli, 1995):

- ◆ a automação dos processos (e conseqüente deslocamento da mão-de-obra direta para atividades de apoio que aumentam em quantidade e importância);
- ◆ a crescente complexidade da linha de produtos com ciclo de vida cada vez mais curtos.

Ambos implicam em aumento significativo de atividades (e de custos) não relacionadas diretamente à produção, tais como marketing, desenvolvimento de produto, planejamento de processos ou suporte técnico (dos mais variados tipos), enquanto são diminuídos os custos diretos de produção.

A realidade atual da indústria de manufatura impõe a necessidade de se minimizar os erros impostos pelas simplificações dos métodos tradicionais de custeio para garantir a competitividade. Algumas alternativas propõem ratear os custos indiretos de forma mais confiável mas sem abandoná-los, já que eles refletiriam mais claramente os investimentos e patrimônio da empresa, situação invisível aos custos variáveis (Bacic & Costa, 1994). Nessa mesma linha, outros advogam, que as metodologias tradicionais dificultam analisar o problema da absorção de tecnologias avançadas de manufatura e justificar esses investimentos (Hin et alli, 1993). Dhvale (1992) traz uma contribuição interessante, quando mostra que nas estruturas celulares de manufatura, já se dispõe de significativa redução de transporte de custos pela sua própria configuração de agrupamento de recursos com finalidades específicas, com conseqüente orientação natural para se ter, em cada célula, um centro independente de custo.

Hill (1994) mostra como a especialização das unidades (no caso, Fábricas Focalizadas) ajuda a orientar os custos indiretos de forma simplificada, favorecendo ao uso de sistemas de custo ABC- *Activity-Based Costing* (custos baseados nas atividades, vide Cooper, 1988; Nakagawa, 1994)., uma alternativa recente que tem mobilizado os pesquisadores na academia e na indústria. O sistema ABC surgiu no final da década passada com o objetivo de tentar minimizar o problema da “fábrica escondida” (Miller & Vollman, 1985), ou seja, a incapacidade dos sistemas de custeio tradicionais de endereçar corretamente as causas dos custos indiretos, o que provoca distorções importantes nos custos dos produtos ao longo do seu ciclo de vida. Bharara, & Lee (1994), citando CAM-I (*Computer-Aided Manufacturing International*), definem o ABC como um método que mede o custo e o desempenho de atividades, recursos e objetos de custo, atribuindo recursos às atividades e atividades aos objetos de custo, além de reconhecer a relação causal entre direcionadores de custo e atividades. Existe no ABC um esforço explícito no sentido de tornar todas as atividades visíveis aos olhos dos clientes internos e externos. A principal diferença entre a abordagem tradicional e a do ABC está em que a primeira assume que produtos geram custo enquanto no ABC assume-se que atividades geram custo e objetos de custo criam demanda por atividades. Enquanto a abordagem tradicional aloca os custos indiretos em centros de custos e destes faz os rateios entre as unidades de saída de custo (produtos ou serviços, no caso), o método ABC os aloca a atividades e estas são vinculadas às saídas de custo.

No método ABC, o modelo para acumulação dos custos através das atividades sobre cada tipo de produto é dado por (Hin et alli, 1993):

$$C_k = \sum_{i=1}^n T_i \cdot R_i + \sum_{i=1}^n M_i \quad 5.1$$

onde:

$C_k$  são os valores de custo, na matriz - coluna, de cada tipo de produto  $k$ ;

$T_i$  corresponde à matriz cujos elementos representam o tempo dedicado por cada recurso ao processo  $i$ ;

$R_i$  é a matriz cujos elementos representam o valor empregado por unidade de tempo pelos recursos no processo  $i$ ;

$M_i$  é a matriz cujos elementos representam os custos dos materiais utilizados no processo  $i$ ;

$n$  é o número de processos que atendem ao produto  $k$

Este método, apesar de mais preciso, tem a desvantagem de ser trabalhoso e difícil de manter. Ele exige que se aloque, em cada recurso, a atividade e a saída a que corresponde. Por exemplo, cada funcionário deve alocar, à atividade “desenvolvimento de um novo componente”, cada fração de tempo por ele despendido nela (como os minutos dedicados ao componente em uma reunião de engenharia). Contudo, através de algumas racionalizações, o método pode ser adotado na manufatura com resultados interessantes (vide Fonseca & Coppini, 1995; Dorson & Vaishnavi, 1992).

Considerando as características modulares do SOMA, pode-se tirar proveito da possibilidade de se agregar os custos por unidade autônoma, sem incorrer no problema da complexidade do sistema de custeio. Pode-se, assim, contar-se com as vantagens do sistema ABC, sem se ter de arcar com os seus ônus.

### 3.4 Avaliação de Desempenho

O sucesso de uma empresa está associado à sua capacidade de gerar crescimento, melhoria contínua (desenvolvimento) e rentabilidade. Normalmente, as medidas usadas para avaliar esta capacidade são lucro, retornos sobre investimento, produtividade e liquidez. Nas organizações complexas, estas medidas têm que ser desdobradas em todo um elenco de indicadores indiretos que, por sua vez, demandam outros tantos sistemas de controle para serem mantidos. Isto implica em desenvolver sofisticados sistemas de informações que, por sua vez, são traduzidas em uma miríade de relatórios, gráficos e telas que traduzem os indicadores. Descendo a pirâmide organizacional, estas informações são convertidas ao gosto do usuário. Cada gerente acaba

adotando as medidas que julga mais importantes, sem necessariamente se ater aos objetivos estratégicos que as deveria orientar. Para complicar mais a situação, existe o problema da distância entre os dados que se sentem necessários e os que são oferecidos pelo sistema de informações (Goldratt, 1996). É o caso dos dados obtidos a partir do MRP, que raramente são aceitos como confiáveis (Wiendahl & Ullmann, 1993; Kadipasaoglu & Sridharan, 1997).

Ao nível corporativo, onde os indicadores são altamente agregados, a capacidade de julgamento fica prejudicada pela insensibilidade dos dados. O conceito de produtividade, por exemplo, tem dado motivo a uma série de mal-entendidos. Como ele é o tradutor direto do indicador de competitividade, tem sido muito, e mal, usado pelas empresas no diagnóstico de desempenho. Considerando, genericamente,

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Receita}}{\text{Custo}}$$

se agrega, ao nível corporativo, o faturamento pelas receitas das vendas e o relaciona aos custos agregados contabilmente (com as distorções já comentadas). Aumentar a produtividade pela alternativa de elevar a receita impõe esforço estratégico enorme da empresa, já que exige conhecimento e intervenção em elementos que estão além das suas fronteiras (mercado, concorrentes e elementos exógenos citados no capítulo 2). A saída mais fácil, então, quase que inevitavelmente se torna uma decisão de cortar custos, por serem mais facilmente entendidos e manipulados, além de darem resultados quase imediatos. Por isso ela tem feito o sucesso de muitas ferramentas e modas, a exemplo da Reengenharia ou do *Downsizing* (Hammer & Champy, 1994; Hamel & Prahalad, 1995). O problema dessa alternativa é que o corte sucessivo de custos visando melhorias de curto prazo pode levar a um círculo vicioso que danifica o patrimônio das competências essenciais e compromete, a médio e longo prazos, a competitividade da empresa, muitas vezes de forma irreversível. Para mais detalhes sobre este tema, ver Quinn (1992) e Hamel & Prahalad (1995).

Tem-se, portanto, uma questão fundamental a ser resolvida: como alinhar as estratégias com medidas de desempenho que reflitam a realidade da manufatura. Temponi & Lewis (1993) defendem a idéia de que os indicadores financeiros clássicos (a exemplo de taxas de retorno ou de ganhos, retorno sobre investimento, etc.) não mais refletem adequadamente o desempenho das empresas em função da complexidade introduzida pela sofisticação e automação dos processos e que parâmetros diferentes de avaliação da organização se fazem necessários. Gregory (1993), por

exemplo, chama a atenção para o fato de que estas medidas têm que emanar do chão de fábrica. Destaca também a dificuldade de se trabalhar com medidas eficazes em sistemas de manufatura complexos e um ambiente dinâmico. Uma abordagem interessante para o problema, que tem sido muito referenciada na literatura, é a do *Balanced Scorecard* (Kaplan & Norton, 1992; Kaplan & Norton, 1993), que se baseia na reconciliação das medidas segundo quatro perspectivas distintas:

- ◆ financeira;
- ◆ cliente;
- ◆ interna do negócio;
- ◆ inovação e aprendizado.

Esta abordagem tem a vantagem de traduzir, para o nível corporativo, medidas de desempenho que são efetivamente operacionais. Persiste, no entanto, a dificuldade de consolidar, de forma confiável, os dados necessários para representação dos indicadores. Não cabe aqui detalhar o tema, mas outras contribuições podem ser vistas em Wisner & Fawcett (1991), Lockamy & Cox (1995) e Schaeffer (1996).

Ao nível da manufatura, também tem havido muitos desencontros na escolha dos indicadores de desempenho. As pesquisas de Bredrup et ali (1994) junto a várias empresas de manufatura trazem resultados interessantes que desmistificam muitas idéias arraigadas. Eles mostram o descompasso existente entre os principais fatores identificados como determinantes do sucesso de sistemas de manufatura eficientes e a importância dada a eles pelas empresas, ou seja, na prática, as empresas valorizam muito medidas de desempenho pouco importantes e desprezam as essenciais. Segundo a pesquisa, os indicadores de desempenho deveriam estar associados a:

- ◆ tempo;
- ◆ índice de defeitos;
- ◆ utilização dos recursos;
- ◆ trabalhos em processamento;
- ◆ flexibilidade em relação ao atendimento dos clientes;
- ◆ eficiência do planejamento e controle da produção.

Wiendahl & Kuprat (1991) defendem idéias similares, baseando-se no indicador primário de lucratividade para associar-lhe medidas de:

- ◆ custo dos equipamentos de produção e dos estoques;
- ◆ tempo de entrega e atrasos;
- ◆ nível de atendimento.

Apesar de serem em princípio simples, os próprios autores reconhecem a dificuldade de se estabelecer solução de compromisso entre as variáveis envolvidas, na medida em que algumas concorrem favoravelmente com outras, enquanto são contraproducentes para outras mais. Essa condição piora quando se considera as características específicas de cada unidade, que levam a combinação das variáveis a resultados diferentes.

As empresas pequenas contam com uma grande vantagem nesse aspecto. Como elas precisam agregar menos as informações, fica mais fácil definir medidas de desempenho que reflitam mais efetivamente os indicadores de real interesse para a empresa. Lida-se com número menor de variáveis, além destas terem comportamento mais uniforme e serem mais facilmente determináveis.

Estas observações são importantes quando se considera que as unidades do SOMA se comportam como pequenas empresas e são altamente integradas. Temponi & Lewis (1993) sugerem um sistema de avaliação de desempenho para pequenas empresas com produção automatizada que se ajusta bem às propostas do SOMA. Ele é baseado em índices objetivos e diretos de produção, capacidade e qualidade relacionados ao intervalo de tempo considerado.

Esses elementos reforçam o argumento de se deixar a cargo de cada unidade decidir quanto à forma de gerir as suas variáveis internas, atendo-se apenas às medidas das saídas das unidades para avaliação dos resultados de desempenho que interessam ao conjunto e aos clientes. Ou seja, a unidade é avaliada diretamente pelo seu mercado, e isto é considerado suficiente.

### **3.5 O Problema da Modelagem em Manufatura**

Segue um breve comentário sobre alguns dos principais modelos que têm embasado os estudos na manufatura e que foram cogitados para este trabalho. Este estudo visou subsidiar a definição da alternativa a se adotar em relação às ferramentas de modelagem para a manufatura. O que aqui se busca é representar, através de modelos, a arquitetura peculiar do SOMA.

Numa perspectiva mais abrangente, o final da década de 80 foi, não por acaso, pródigo no deslanchar de projetos na busca do entendimento dos sistemas de manufatura. O objetivo principal desses projetos era (e continua sendo) entender e representar adequadamente o já comentado crescimento da complexidade e abrangência da manufatura para poder, então, tentar lidar com ela. Aquela altura da evolução tinha-se percebido que, apesar do enorme esforço, os resultados vinham sendo, em geral, pífios. Uma síntese da evolução desse processo de entendimento pode vista em Wiendahl & Scholtissek (1994). As ferramentas de modelagem da

manufatura evoluíram nesse ambiente, o que explica a profusão de alternativas propostas e impõe a necessidade de entendê-las um pouco melhor se se pretende trabalhar com modelos.

Modelos são representações do mundo real. Como tal, são abstrações que simplificam a realidade em aspectos considerados irrelevantes (Busby & Williams, 1993). Modelagem, assim, consiste em construir uma representação de um sistema real refletindo suas propriedades com o nível de detalhamento desejado.

Doumeingts & Chen (1992) e Bremer (1995) comentam e analisam alguns dos principais recursos de modelagem utilizados em arquiteturas CIM e seus trabalhos orientaram a escolha das ferramentas avaliadas a seguir. Soares et alli (1995) classificam os recursos de modelagem em três categorias:

1. modelos descritivos (subdivididos em estruturais e comportamentais);
2. modelos de avaliação;
3. modelos híbridos.

Os primeiros têm origem na ciência da computação e foram originalmente usados para especificações em projetos computacionais. Fazem uso, dessa forma, de metáforas de máquina que resultam em deficiências quando tentam modelar o mundo real da manufatura. Os modelos estruturais representam os arranjos funcionais e informacionais de sistemas técnicos ou de uma organização. São exemplos os modelos do NIST e o GRAI original, comentados a seguir. Os comportamentais descrevem o funcionamento das estruturas e são, em geral, baseados em ferramentas gráficas. Um grupo de ferramentas mais complexas faz uso das duas abordagens (estrutural e comportamental). Nele se enquadram o CIMOSA, o GRAI-GEM e o do Grupo de Purdue (também vistos a seguir).

A segunda categoria, dos modelos de avaliação, é basicamente representada pelas ferramentas de simulação, que fazem uso de cenários alternativos em processos de decisão.

Já a categoria dos modelos híbridos possuem características das duas anteriores: normalmente se baseiam em conceitos de orientação a objeto e oferecem ferramentas equipadas com boas interfaces gráficas que permitem não só descrever os sistemas como também representar informações não funcionais. Além disso, permitem avaliar os sistemas através de ferramentas formais (como os diagramas dinâmicos de estado, representação de cenários ou simulação dinâmica).

A seguir são brevemente comentados cada uma das principais ferramentas de modelagem estudadas, entre as várias encontradas na literatura. Não se apegará rigidamente às categorias

para efeito de classificação, dado que algumas ferramentas incorporam características de outras categorias. Os comentários se iniciam pelas técnicas mais puramente descritivas.

### 3.5.1 O Modelo do NIST

O modelo do NIST (*National Institute of Standards and Technology*), ilustrado na figura 3.1 (McLean, 1985, 1986), pode ser considerado como puramente estrutural. Ele sintetizou a visão que se tinha da manufatura quando se projetava arquiteturas em CIM e permeou muitos dos estudos subsequentes na área (ver, por exemplo, os trabalhos de Van Houten, 1992 e de Betlem & Van Aggele, 1994 ou então a aplicação do conceito em Kaula & Chin, 1993).

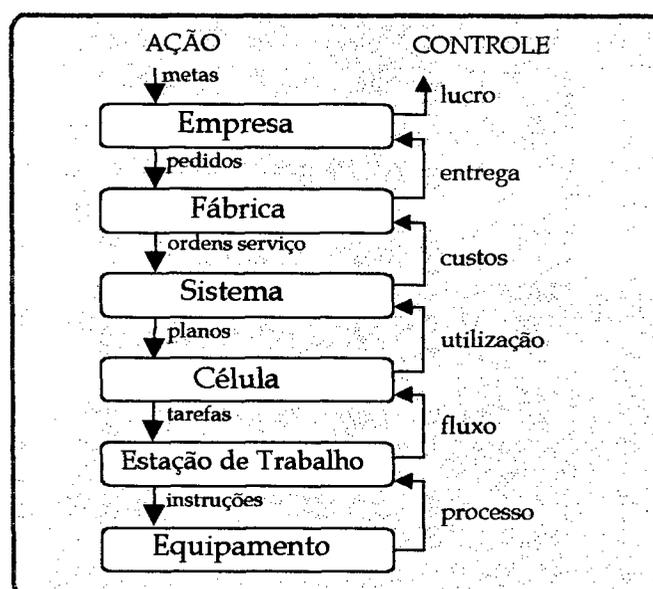


Figura 3.1 - Arquitetura organizacional hierárquica da manufatura (McLean, 1986).

A abordagem desses modelos tende a ser hierarquizada e baseada no desdobramento das funções do geral para o particular (abordagem *top-down*) para torná-las mais facilmente tratáveis. Essa abordagem, herdada dos postulados de Taylor, pressupõe as seguintes características (Bullinger et alli, 1993):

- ◆ separação entre as atividades de planejamento e execução
- ◆ gerenciamento e controle centralizado e hierarquizado;
- ◆ organização por funções (estruturas departamentalizadas).

Essas características permeiam a grande maioria das ferramentas de modelagem, que procuram representar os processos segundo essa visão mais tradicional da manufatura.

### 3.5.2 O Modelo de Purdue

Williams (1989) apresenta um modelo referencial básico de arquitetura de sistema de manufatura que também pode ser classificado como estrutural, apesar de incorporar alguns elementos comportamentais (figura 3.2). Nele são delimitadas, dentro de uma abordagem *top-down*, as funções da manufatura (através do CIM) e da organização corporativa (representada pelo CIB - *Computer Integrated Business* - negócio integrado por computador), bem como as inter-relações entre elas, até o mais particular algoritmo de controle. Este modelo é calcado na mesma perspectiva hierárquica do modelo do NIST.

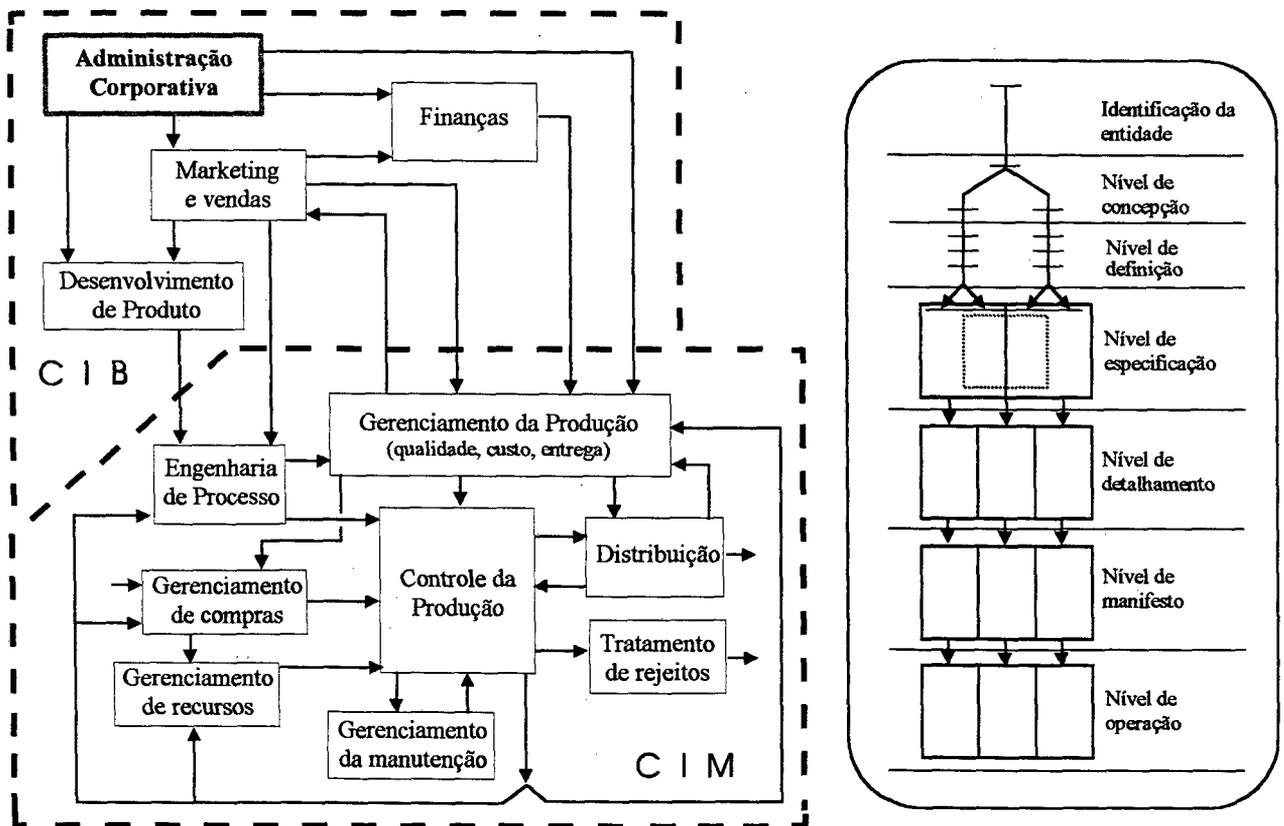


Figura 3.2 - Modelo de representação da manufatura Grupo de Purdue (Williams, 1989).

No detalhe à direita da figura 3.2 é mostrada a estrutura referencial da arquitetura do modelo, definido em termos dos tipos de tarefas que são geradas em cada nível. Williams et alii (1994) explicam, de forma didática, cada um dos níveis de implementação do modelo, e apresenta uma breve comparação com os modelos GRAI e CIMOSA (itens 3.5.3 e 3.5.4). Apesar desse sistema de modelagem ser orientado para o processo fabril (mais particularmente, as funções de controle e sistema de informação correlacionado), mantém as limitações da abordagem

hierarquizada e estática, característica dos modelos estruturais. Não facilita, além disso, o tratamento das relações concorrentes e distribuídas.

### 3.5.3 O Modelo GRAI

O GRAI (Doumeingts, 1984) é um modelo estrutural de concepção hierárquica que evoluiu para o GRAI-GIM (GRAI *Integrated Methodology*, Doumeingts, 1997), um modelo orientado para o processo decisório que incorpora algumas ferramentas comportamentais. Ele se baseia em um macro-modelo (figura 3.3) que identifica e descreve cada um dos quatro sistemas que o configuram (físico, decisório, operacional e informacional) para, em seguida, cruzá-los com funções identificadas e estruturadas pelo uso de modelos comportamentais (IDeFo e diagramas Entidade-Relacionamento, ver item 3.5.6), principalmente para modelamento de mais baixo nível e representação dos elementos internos do macro-modelo.

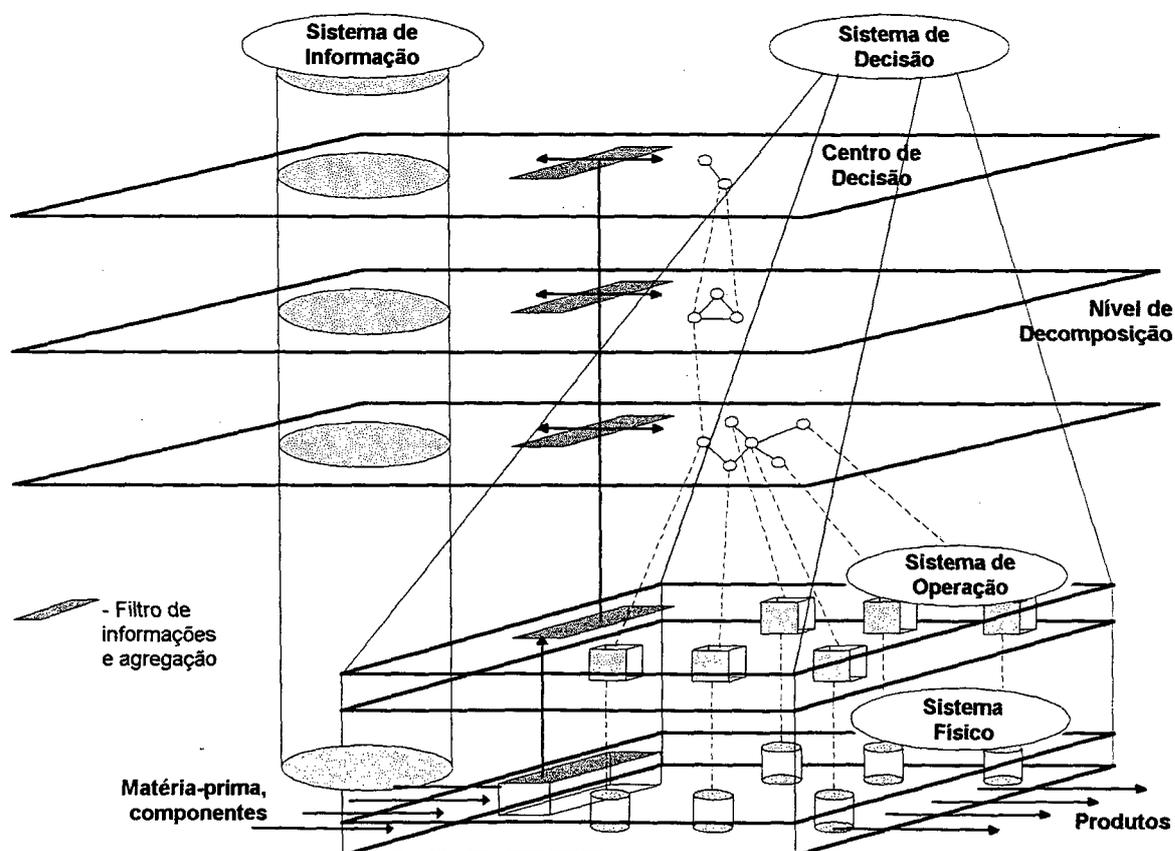


Figura 3.3 - Representação do modelo GRAI (Doumeingts, 1997).

Como uma técnica de modelagem que se propões a ser abrangente, com uma abordagem *top-down* a partir dos níveis estratégicos, o GRAI-GIM enfrenta o problema de ter que conciliar

diferentes necessidades de abstração. Isto o torna extremamente complexo, além de atrelar elementos de decisão operacionais àqueles previamente definidos ao nível estratégico, e implica em contaminar todo o modelo pela visão dos administradores corporativos. O uso de ferramentas de modelagem comportamentais nos níveis mais baixos é uma adaptação que demonstra a dificuldade do modelo de conciliar as diferenças de perspectiva entre as diversas visões que pretende representar.

### 3.5.4 O Modelo CIMOSA

O modelo CIMOSA (*Open System Architecture for Computer Integrated Manufacturing*, Kosanke, 1995, Zelm et alli, 1995) é uma das técnicas mais abrangentes de modelagem, na medida em que inicia pela definição estratégica do negócio. Ele procura visualizar a manufatura segundo uma matriz, representada sob a forma de diversas perspectivas cruzadas que vão da visão estratégica à implementação de cada técnica (figura 3.4). É um recurso de modelagem com fortes características estruturais apesar de contar, nos níveis de implementação, com elementos comportamentais.

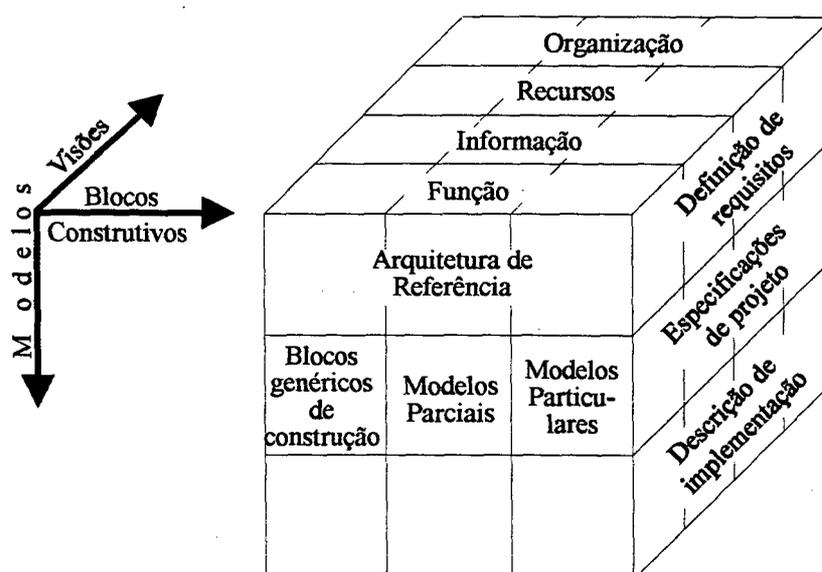


Figura 3.4- Modelo de Referência CIMOSA (Kosanke, 1995).

O processo construtivo do CIMOSA se inicia pela definição de requisitos (primeiro nível do modelo, mais genérico) para uma dada arquitetura de referência (característicos de uma indústria), que são cruzados em relação às visões relativas aos aspectos funcionais e

informativos. Para tanto, é preciso se definir o domínio sobre o qual o modelo evoluirá, a partir das funções. Cada função dessa precisaria ser então avaliada quanto às suas entradas, saídas e condicionantes relativas a recursos e informações, além dos requisitos organizacionais (demandas acerca da estrutura necessária para que a função seja desempenhada).

Este primeiro nível se preocupa, portanto, com os requisitos sob a ótica das necessidades dos usuários finais. Em seguida, seria feita a análise em nível maior de detalhamento, agora se preocupando com as especificações de projeto, desdobrando-se primeiro os subconjuntos (característicos de cada indústria), passando pelos modelos parciais (típicos da empresa) até refiná-los para o caso específico que se analisa. Chega-se, finalmente, às descrições para implementação, que definirão nos mínimos detalhes cada atividade relacionada a uma função, cada detalhe de cada fluxo de informação e por aí afora.

Trata-se, sem dúvida, de um processo bastante exaustivo, envolvendo o preenchimento de uma infinidade de planilhas, mas que deveriam, ao final, assegurar as bases para uma operação eficaz competitiva do negócio.

Os problemas que aqui surgem, além da constatada complexidade, são de três ordens:

1. apesar de se tratar de um modelo genérico, fica difícil detalhar-se os níveis, de projeto e implementação, porque isto estaria condicionado a um processo de manufatura específico;
2. uma vez definido um modelo, ele representa o *status* da empresa naquele momento histórico definido, não levando em consideração o dinamismo inerente dos mercados nem as conseqüentes adaptações por que passa a empresa para neles competir.
3. o conjunto de regras procedurais do CIMOSA não é flexível para representar as interdependências temporais e concorrentes.
4. é preciso também considerar que ainda não se tem um consenso sobre a adequação do modelo para especificação dos níveis mais específicos de detalhamento (vide, a respeito, os comentários de Lutherer et alli (1994), Vernadat, 1994).

Apesar da construção matricial do modelo, a abordagem *top-down* do CIMOSA acaba por manter a mesma perspectiva hierarquizada dos demais modelos citados. Lutherer et alli (1994) exemplificam uma aplicação e, como Bienert e Schönenberger (1993), fazem análises críticas desse modelo que podem, em alguns casos, ser estendidas às idéias acerca dos demais conceitos de modelagem. Williams et alli (1994) desenvolvem um estudo comparativo e estabelecem

relações entre os modelos CIMOSA, de Purdue e GRAI-GIM que ajudam no entendimento dessas abordagens, bem como das restrições que oferecem.

### 3.5.5 O Padrão STEP

O NIST também foi responsável pela criação do padrão STEP- *Standard for Exchange of Product Model Data* (padrão para transferência de dados de produto), em sua versão inicial conhecida como PDES (*Product Definition Exchange Specification*). Tem, como meta principal, a descrição e representação formal de modelo de produto, independente do sistema computacional utilizado (Wellington & Smith, 1995). O objetivo é, assim, o de assegurar a troca de arquivos e o compartilhamento de bases de dados em ambientes heterogêneos, cuja integração tem sido chamada como metabase-de-dados. Esse hoje padrão ISO 10303, associado à sua linguagem formal de especificação *Express* (*Express* para representação textual e *Express-G*, para a gráfica), determinou toda uma base para o desenvolvimento de arquiteturas orientadoras da manufatura, principalmente nas interfaces entre projeto e fabricação, como os trabalhos de Tavares et alli (1994). Osório & Camarinha (1995) associam, ao formalismo de especificação do *Express*, elementos construtivos do CIMOSA para modelar um sistema de gerenciamento de informação de engenharia com algumas características descentralizadas (chamadas federativas) e supervisão centralizada. O potencial de descrição de produtos e sua estrutura ensejou diversos modelos orientados à engenharia concorrente e procuram tirar proveito do conceito de metabase-de-dados, como os trabalhos de Camarinha et alli (1994), Fernihough et alli (1995), Lührsen (1995), Yang & Song (1995). Exemplos de esforços de modelagem envolvendo sistemas de manufatura baseados no STEP podem ser vistos em Barkmeyer (1995), Wysk & Smith (1995) e Kern et alli (1996). Esses modelos, contudo, ainda se prendem à característica forte do STEP, que é a de caracterização de produto. Ele se mostra limitado para suprir as necessidades de modelagem da manufatura ou de seus processos.

A tentativa de representar o problema da concorrência e interoperabilidade entre sistemas, que têm caracterizado principalmente os modelos distribuídos em manufatura, tem ensejado o uso do conceito de metabase-de-dados como recurso de modelagem, sem necessariamente aderir ao STEP. Em geral, elas são associadas a outras ferramentas de modelagem para conferir-lhes visão dos processos mas não serão aqui detalhadas. Estudos a respeito podem ser vistos em Mertins et alli (1992), Kaula & Chin (1993), Singh & Weston (1993) ou Rozenfeld & Rentes (1994)

### 3.5.6 Modelos Descritivos Comportamentais

Da mesma forma que os modelos genéricos para representação da manufatura, as metodologias formais para modelagem apoiadas nas ferramentas CASE (*Computer-Aided Software Engineering* - engenharia de software auxiliada por computador) assumem os sistemas de manufatura como normalmente hierárquicos, como o são, aliás, os mecanismos procedurais de desenvolvimento de software que as originaram. Essas ferramentas sugerem abordagens do geral para o particular (*top-down*), como é o caso das metodologias de construção mais conhecidas como os diagramas E-R (entidade-relacionamento), SADT (*Structured Analysis and Technique*) ou DFD - Diagrama de Fluxo de Dados, todos modelos gráficos (Pressman, 1982). O mesmo se dá com os sucedâneos adaptados à manufatura dessas ferramentas, como o IDEF (ICAM *DEFinition*, onde ICAM corresponde a *US-Air Force Program for Integrated Computer-Aided Manufacturing*), adaptado do SADT e o mais conhecido deles.

A base do IDEF é o seu modelo funcional (IDEF0), que é complementado por dois outros: de informação (IDEF1) e dinâmico (IDEF2), praticamente não utilizados na manufatura. A base do IDEF0 (figura 3.5a) é sua caixa de função com seus fluxos (informação, controle) e seus mecanismos. Na proposta de padrão apresentada pelo NIST (Barkmeyer, 1995), o modelo é mais particularizado às necessidades da manufatura: função é substituída por atividade e mecanismo por recurso. Esta caixa básica é sucessivamente decomposta (em até 6 níveis, figura 3.5b) para obtenção do detalhamento necessário. Cada decomposição herda as entradas e saídas da caixa-mãe.

Para maiores detalhes sobre o método e exemplos de aplicação do IDEF0, vide Bouti et alli (1993), Kermad et alli (1993), Forrester et alli (1993), Adhikari (1994) e Gong e Lin (1994). Mais recentemente surgiu o IDEF3, específico para modelamento de processos sequenciais em manufatura (Kusiak et alli, 1994). Ele permite representar o fluxo dos processos de um sistema através da definição de seqüência de atividades e das suas relações. A descrição de fluxo do IDEF3 (ilustrado através de exemplo na figura 3.5c) é feita por unidades de comportamento, (caixas maiores), ligações e caixas de junção, que definem lógicas booleanas de seqüência: & (e), O (ou), X (ou exclusivo). Vernadat (1997) faz um comparativo entre o IDEF3 e o CIMOSA, bastante útil para entender as diferenças entre as abordagens.

Como qualquer ferramenta comportamental, o IDEF não se presta bem à descrição das estruturas. Além disso, dadas as suas características, ele é mais útil para a representação de processos nos quais as funções de controle predominam.

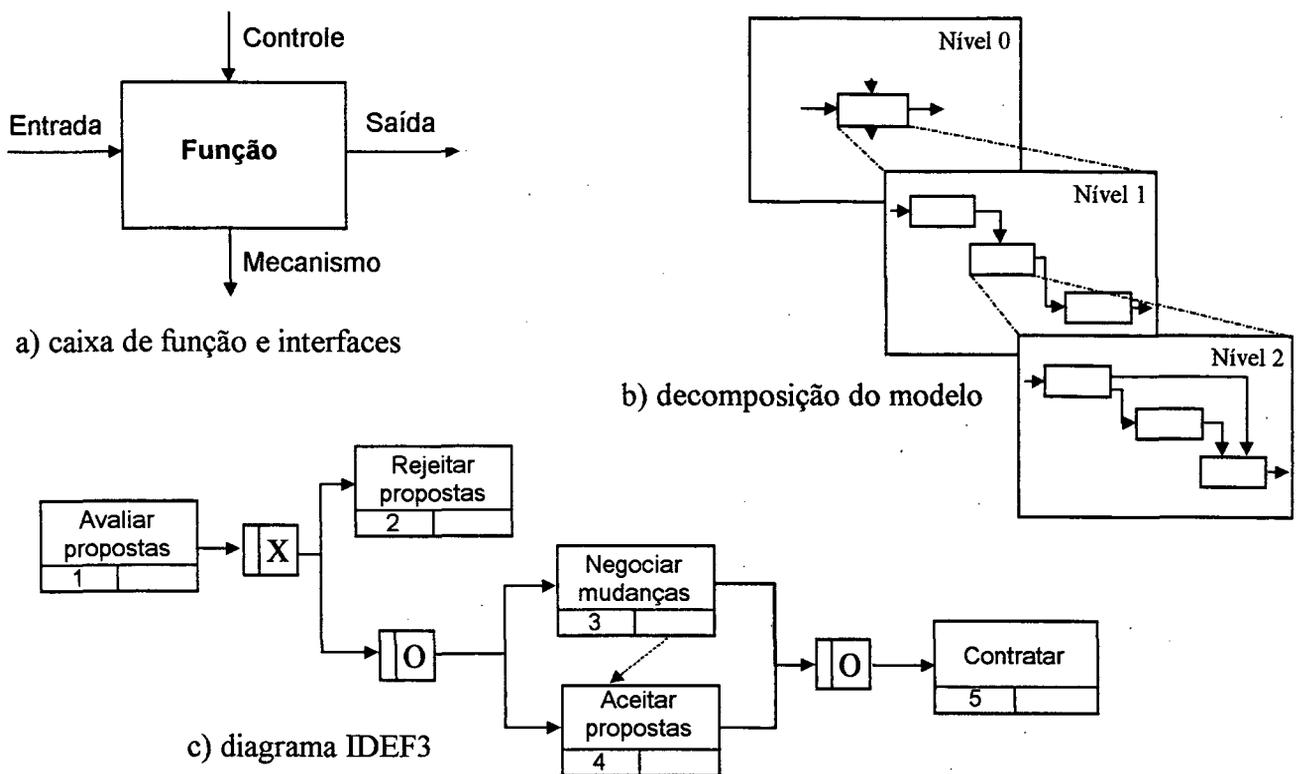


Figura 3.5 - Esquema básico do diagrama IDEF.

Dentre as técnicas gráficas, destacam-se ainda as redes de Petri. Elas são um refinamento dos diagramas de transição de estado e são mais abrangentes que as máquinas de estado finito. Demonstram ser uma excelente ferramenta para modelagem de sistemas de eventos concorrentes em controle, de forma hierárquica, e abrangem tanto aspectos de hardware como de software. Uma rede de Petri é composta por 4 elementos básicos, cuja forma pode variar a depender da variante utilizada. Na versão mais tradicional os elementos são representados por (Zhou & Robbi, 1994):

- ◆ eventos, representados por barras verticais;
- ◆ condições, que descrevem a situação de um processo, representados por círculos;
- ◆ arcos orientados, que ligam eventos e condições, representados por setas;
- ◆ marcas, para disparo de eventos.

Uma marca colocada dentro do círculo indica que a condição é verdadeira. Se todas as condições que precedem o evento forem verdadeiras, o evento ocorre (dispara). A figura 3.6 ilustra as primitivas mais usadas e dá uma idéia, através de um exemplo simples, da sua forma de representação. As primitivas representadas são: (a) sincronização; (b) escolha; (c) separação; (d)

junção. Na figura 3.6(e), tem-se representado um manipulador de processo (um robô de montagem, por exemplo):  $c_1$  é a condição de material disponível e,  $c_2$ , de manipulador pronto (ambas na condição “verdade” pela presença da marca), o que autoriza o disparo do evento  $t_1$  (pegar material). Quando a condição  $c_3$  (manipulador detém material) for verdadeira, o evento  $t_2$  (colocar material) é disparado.

As redes de Petri são ferramentas poderosas para modelagem de sistemas guiados por eventos, como, por exemplo, no controle de processos envolvendo interações dinâmicas (ver, por exemplo, os trabalhos de Choi et alli, 1994; Hu et alli, 1995). O processo de construção do modelo se dá de baixo para cima (abordagem *bottom-up*). Vernadat (1994) chega a sugerir sua aplicação também a nível de modelagem da empresa (em substituição, por exemplo ao CIMOSA), através do uso de combinações de redes de Petri coloridas (uma dentre as variantes existentes), decompostas em diversos níveis, apesar das limitações reconhecidas pelo próprio autor. Aguiar & Weston (1993) vão na direção contrária ao propor o uso das redes de Petri como complemento ao CIMOSA em sua proposta de modelagem. Camarinha & Osório (1994) vão mais longe ao propor uma alternativa de modelagem que, além das ferramentas anteriores, utiliza também as estruturas formais do STEP para representação textual, gráfica e de base de dados. Kochikar & Narendran (1994) oferecem alguns subsídios adicionais ao comparar a abordagem baseada em redes de Petri com as oriundas das ferramentas CASE

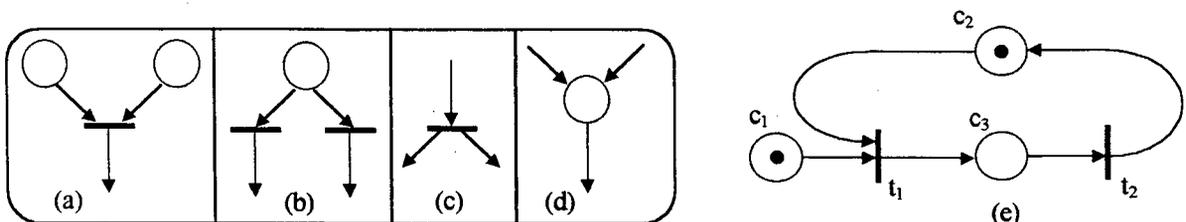


Figura 3.6 - Esquema básico das Redes de Petri.

Outras ferramentas, como os diagramas DFD e E-R, são pouco utilizadas em sistemas de manufatura, a não ser quando associadas à modelagem de sistemas de informação. Os diagramas E-R, em particular, são muito bons para identificar objetos e suas relações (um bom exemplo pode ser visto em Gustas, 1995). Os diagramas E-R servem, aliás, de base para algumas técnicas de diagramação em AOO - Análise Orientada a Objeto. Contudo, têm tido menor apelo na área da manufatura, dadas as suas limitações para tratar modelos complexos, principalmente quando envolvem aspectos dinâmicos.

Pode-se observar que cada ferramenta citada cobre parte das necessidades impostas pela modelagem dos sistemas de manufatura e foram desenvolvidas para representar os modelos tradicionais de empresas. Persiste a dificuldade em conciliar as diversas funções e os modelos heterogêneos de dados que são característicos da manufatura. Fica uma lacuna, ou seja, as ferramentas mais tradicionais de modelagem não oferecem uma metodologia consolidada que possa auxiliar no trabalho de configuração de um modelo de sistema de manufatura efetivamente distribuído. Daí a opção, neste trabalho, por uma alternativa menos ortodoxa, a da AOO, que se mostra bastante promissora, haja vista a quantidade de trabalhos que se tem mais recentemente divulgado na área, alguns comentados a seguir (item 3.6).

### 3.5.7 Modelos de Avaliação

A modelagem por simulação é uma alternativa que se tornou viável graças aos avanços da informática. Ela é a única abordagem viável para avaliação detalhada do desempenho de sistemas complexos de manufatura. Ela pode reproduzir a operação de um sistema no nível de detalhe desejado pelo usuário sem perder a precisão. É também uma das poucas metodologias que pode ser usada para analisar o comportamento transiente entre estático e dinâmico de um sistema (Kamath, 1994).

Simulação é um meio de experimentação de um sistema real, através de um modelo, para determinar como ele reagirá às mudanças, ao longo do tempo, em sua estrutura, ambiente ou hipóteses subjacentes (Harrell. et alli, 1995; Doumeingts & Chen, 1992). Ela também permite avaliar o seu desempenho pela reprodução de diferentes cenários. A avaliação por simulação traz importantes vantagens:

- ◆ valida modelos descritivos;
- ◆ permite testar as características dinâmicas do modelo;
- ◆ permite verificar situações transientes (fase em que o sistema sai da situação estática mas ainda não atingiu a de regime pleno);
- ◆ incorpora e testa algoritmos do modelo.

O recente advento de boas interfaces gráficas, animação e de recursos de modelagem orientados a objeto, aliado à melhoria de desempenho das plataformas de hardware, tem tornado possível dispor-se de boas ferramentas, capazes de enfrentar as limitações ainda encontradas na sua utilização, que são (Kamath, 1994):

- ◆ o enorme esforço despendido, em tempo e recursos, para construir modelos novos ou modificar existentes;
- ◆ o tempo de análise muito longo e caro, devido ao esforço computacional exigido para se obter dados estatisticamente confiáveis.

A área de atuação mais forte das ferramentas de simulação é na avaliação de mudanças propostas em sistemas existentes ou então no desenvolvimento de novos. Nesses casos, pode-se avaliar o desempenho com boa precisão sem necessidade de se investir em testes de protótipos, unidades piloto, ou mesmo sistemas reais. Em todos esses casos, os investimentos envolvidos seriam bem mais altos. No caso específico das ferramentas construídas com tecnologia orientada a objeto, a modelagem do sistema se dá através de um conjunto de objetos que se comunicam por mensagens trocadas entre si. Esta abordagem reduz o ciclo de modelagem, simulação e análise dos resultados (Doumeingts & Chen, 1992).

Este trabalho procura tirar proveito dessas características únicas dos simuladores, como meio de validação do modelo do SOMA e como forma de testar as suas características dinâmicas.

### **3.6 A Modelagem Orientada a Objeto**

A AOO- Análise Orientada a Objeto (Booch, 1991; Martin & Odell, 1996; Coad & Yourdon, 1991) oferece um novo instrumental para modelagem no qual os serviços das entidades a serem representadas são apresentados através das interfaces dos objetos. Ela é classificada como uma ferramenta híbrida por permitir fazer, na fase descritiva, a modelagem estrutural e comportamental do sistema e, na seqüência, avaliá-lo dinamicamente. A AOO permite modelar os diversos aspectos de sistemas (Dini et alli, 1995):

- ◆ cooperativos, coordenados ou que se comunicam;
- ◆ reativos, interativos ou reflexivos;
- ◆ centralizados ou distribuídos;
- ◆ determinísticos ou não determinísticos.

Brandon (1993) demonstra a utilidade da AOO para representação de sistemas distribuídos de manufatura. Weston (1996) faz também uma comparação entre vários métodos para reforçar o amplo espectro de abrangência da AOO como ferramenta de modelagem (figura 3.7, adaptada de Weston, 1996).

Nerson (1992) explora as potencialidades da AOO até o nível do projeto detalhado dos sistemas para diversas situações diferentes, fazendo uso das propriedades de reutilização e

portabilidade de classes e objetos. Wu (1995) faz uma análise comparativa entre as ferramentas tradicionalmente utilizadas para modelar a manufatura e comprova a superioridade da AOO para modelagem de sistemas distribuídos. Alguns exemplos de modelos de manufatura baseados na AOO podem ser encontrados em Lin & Chang (1993) e Rohloff (1993), este último focando mais no planejamento e controle da produção (PCP). Kim et alli (1993) e Ngwenyama & Grant (1994) enfocam mais o sistema de informação da manufatura. Nof (1994) contribui com uma análise crítica sobre o uso da orientação a objeto em manufatura e detalha algumas condições para seu uso no caso específico do projeto de sistemas de controle da produção.

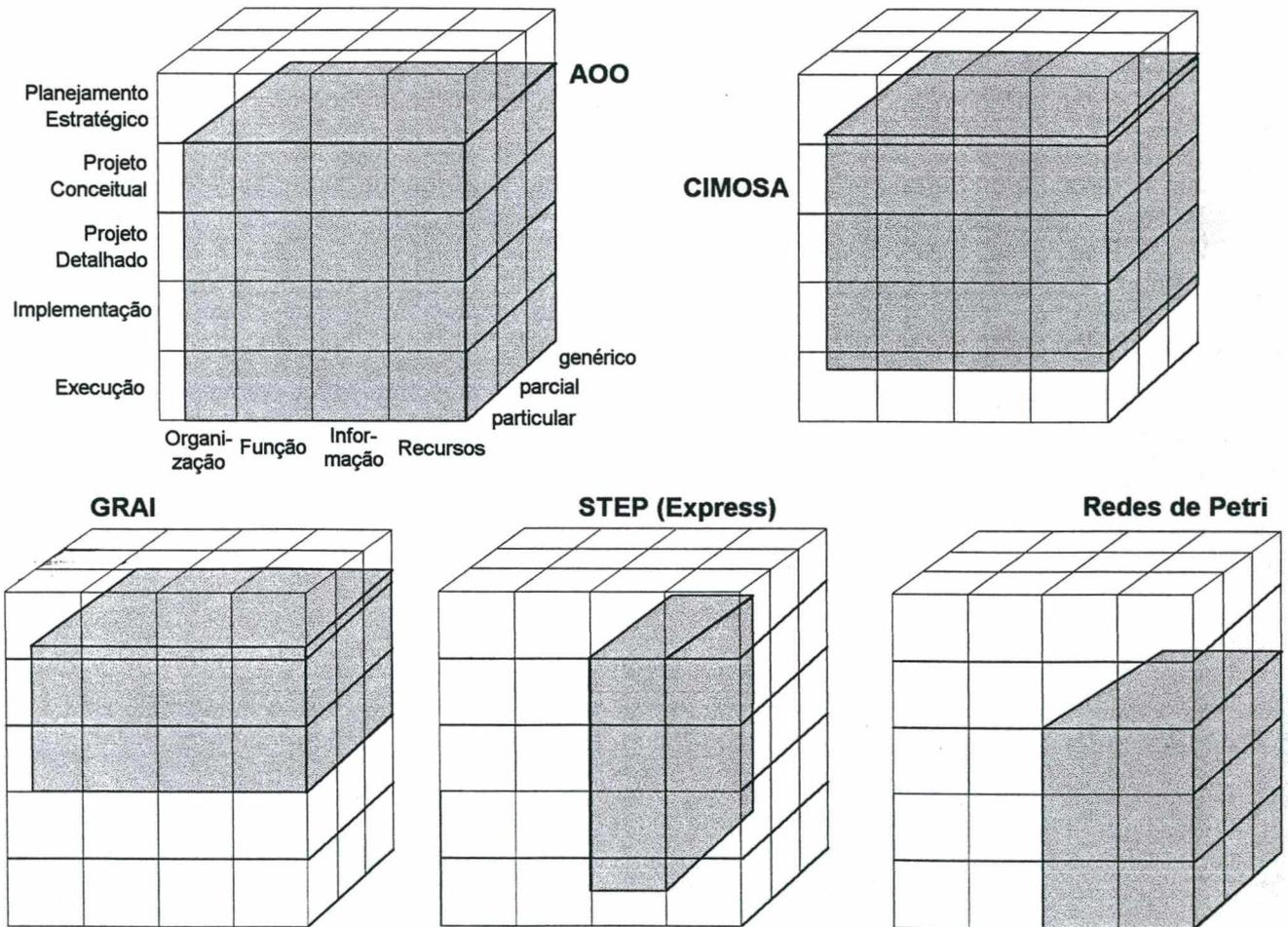


Figura 3.7 - Espectro de abrangência das ferramentas de modelagem  
(adaptado de Weston 1996).

Grabot & Huguet (1995) utilizam a AOO para definir um modelo de sistema de controle da produção que assume objetivos dos sistemas corporativos de planejamento ao mesmo tempo em

que permite reação em tempo real, com sincronização e monitoramento dos diversos módulos. Hopkins et alli (1994) aplicam a AOO na modelagem de sistema de controle de FMC. Elia & Menga (1994) fazem o mesmo em relação a FMS, demonstrando as propriedades de reutilização de padrões, que é uma característica da AOO. A AOO é também bastante utilizada na modelagem do planejamento do processo e nas suas interfaces com o PCP. São exemplos os trabalhos de Gaafar & Bedworth (1993), Rozenfeld & Almeida (1993), Ehlers & Rensburg (1993) e Perret & Bienert (1994). Outros exemplos da aplicação da AOO em manufatura podem ser vistos em Narayanan et alli (1994), Betlem & Van Aggele (1994), Bauer (1995), Hammer et alli (1994) e Ferreira & Mendonça (1994).

Após a análise das diversas alternativas que têm sido propostas para modelagem de sistemas de manufatura, com avaliação da pertinência de cada uma com os objetivos perseguidos nesta tese, verificou-se que as técnicas de AOO são as que melhor se adequam às características do sistema pelas seguintes razões principais:

- ◆ sua arquitetura de construção de objetos é distribuída por natureza e se adapta bem ao conceito de unidades do SOMA;
- ◆ são fundamentadas nos mesmos conceitos de modularidade, encapsulamento e padronização que orientam o SOMA;
- ◆ consideram a natureza dinâmica do sistema e permitem interpretá-la (ver, a propósito, Coad et alli, 1997);
- ◆ os mesmos recursos usados na modelagem dos requisitos pode servir de base para detalhamento posterior de estruturas lógicas, de bases de dados e programação de software (Kim & Lochovsky, 1989).

A AOO ainda tem a grande vantagem de traduzir mais proximamente a estrutura da lógica do pensamento humano, o que permite a construção de modelos mais fidedignos e mais fáceis de interpretar.

## **4 O Sistema Orgânico de Manufatura Autônoma - SOMA**

O SOMA se propõe a ser uma alternativa para organização e gerenciamento da manufatura baseada em uma arquitetura distribuída e modular. Como um Sistema de Gerenciamento da Manufatura (SGM), cabe-lhe a difícil tarefa de integrar e harmonizar a miríade de técnicas e conceitos disponíveis em uma arquitetura lógica e efetiva de produção.

O gerenciamento do SOMA se apoia na Lógica de Negociação, que vem a ser o núcleo operacional do modelo. Como poderá ser visto a seguir, é ela que assegura o princípio da organicidade ao sistema e define a sua cultura organizacional. O princípio da autonomia é forjado pelas suas características de distribuição e modularidade.

Este capítulo se dedica a explicar em detalhes o SOMA. Inicia pelos elementos básicos que fundamentam o modelo, seguindo-se as características do seu funcionamento. A Lógica de Negociação é apresentada a partir dos seus fundamentos e depois detalhada quanto ao seu funcionamento.

Para correto entendimento do modelo do SOMA, é preciso ter claras as premissas assumidas que lhe são fundamentais:

- a) os três elementos-chave com os quais terá que se lidar:
  1. os fundamentos do TQC e do JIT como arcabouço de sustentação do sistema;
  2. as ferramentas computacionais, de forma intensiva e integrada;
  3. as técnicas avançadas de organização da produção.
- b) os cinco dilemas que têm que ser resolvidos e balanceados ao se projetar um SGM que se adapte e evolua nas condições ambientais interpostas:
  1. o chão de fábrica sempre se comporta diferentemente de qualquer modelo projetado;
  2. o chão de fábrica tende a ser de tal ordem de complexidade que seu comportamento tende ao imprevisível;
  3. é pouco provável ter-se um SGM que otimize simultaneamente todas as variáveis importantes dos processos;
  4. a complexidade do negócio manufatura faz com que sistemas sofisticados de análise e decisão infiram resultados em escalas de tempo muito aquém das necessárias;
  5. mecanismos flexíveis de controle podem gerar comportamentos caóticos no sistema.
- c) a compreensão de que é inconcebível e impraticável projetar-se um SGM eficaz com características centralizadas em função de (Hatvany, 1985):

- ◆ envolver desenvolvimento de “super-sistemas” para se conseguir uma percepção holística (a exemplo dos ERP atuais, vide Hicks & Stecke, 1995; Gumaer, 1996);
- ◆ ser quase impossível testar e validar tal sistema;
- ◆ ser impossível evoluir-se para sistemas mais flexíveis de manufatura (Manufatura Virtual, por exemplo);
- ◆ ter-se comprometida a confiabilidade do sistema pela falha de qualquer das suas partes;
- ◆ tornar proibitiva qualquer tentativa de mudança, expansão ou atualização.

Tendo em vista estas considerações, o problema de um SGM pode ser equacionado a partir da combinação dos elementos do 5W1H (TQC):

- ◆ o que deve ser feito (what): conjunto de tarefas (de globais a primitivas) que têm que ser cumpridas visando atender ao objetivo de colocar os produtos que atendam às expectativas do mercado;
- ◆ por que deve ser feito (why): para se ter atendido aos objetivos de qualidade, custo, e entrega que justificam a existência do sistema de manufatura;
- ◆ quando deve ser feito (when): no período ideal em que a tarefa mais agrega valor;
- ◆ onde deve ser feito (where): no conjunto agrupado de recursos que possa realizar eficazmente a tarefa;
- ◆ quem deve fazer (who): os colaboradores diretamente envolvidos nas tarefas;
- ◆ como deve ser feito (how): através dos métodos desenvolvidos e validados no sistema.

O modelo do SOMA tenta delinear uma arquitetura que permita equacionar estes elementos, à luz das premissas acima colocadas, além dos diversos conceitos e técnicas que perpassam ou são subjacentes aos conceitos de manufatura moderna que foram discutidos anteriormente.

#### **4.1 O Modelo Orgânico e Autônomo**

De início, é preciso se ter claro as razões que justificam o SOMA. O modelamento do SOMA persegue minimizar os efeitos negativos gerados principalmente pelas características observadas como perniciosas:

- ◆ complexidade do sistema;
- ◆ estrutura hierárquica e centralizada;
- ◆ organização funcional departamentalizada.

Ao mesmo tempo, procura valorizar características consensualmente aceitas como importantes, a destacar:

- ◆ simplicidade de operação;
- ◆ agilidade e facilidade de reconfiguração do sistema;
- ◆ facilidade de desenvolvimento e evolução (física e tecnológica);
- ◆ modularidade das unidades, baseada em padrões reutilizáveis;
- ◆ abordagem interdisciplinar, pela agregação, aos aspectos tecnológicos, de elementos organizacionais, informacionais, financeiros e culturais;
- ◆ valorização das competências essenciais e da capacidade humana de tomada de decisão.

Assume-se também que o suporte computadorizado é elemento chave dos sistemas de manufatura distribuídos (Nof, 1992) e que a comunicação entre unidades ocorre via LANs, ou mesmo Internet, em comunicação tipicamente assíncrona. Considera-se que a LAN não é restrição para desempenho do sistema.

É importante lembrar que o SOMA se adapta melhor à fabricação repetitiva de peças em lotes pequenos ou médios, com demanda flutuante e inserção esporádica de novos itens. A figura 4.1 dá uma idéia da abrangência do SOMA no domínio da manufatura.

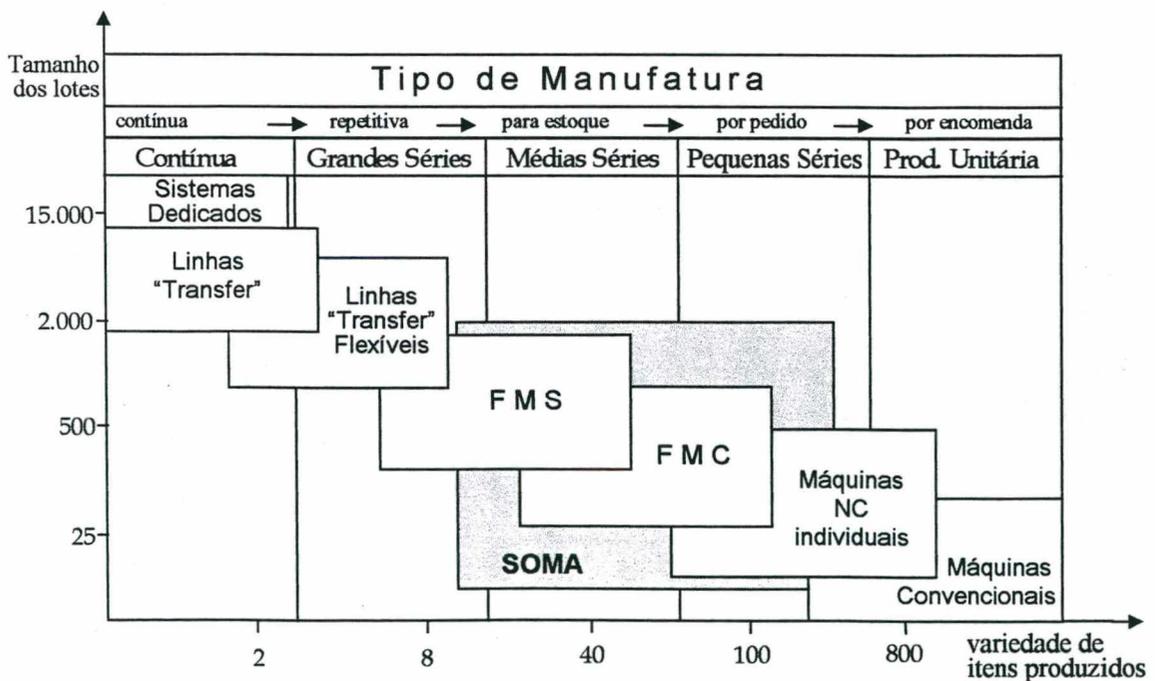


Figura 4.1- Localização do SOMA no espectro dos sistemas de manufatura.

A perspectiva é que, à medida que a produção tenda à estabilidade (menor variedade de itens produzidos e/ou maior tamanho de lotes), as vantagens do SOMA diminuam em função da previsibilidade. Por outro lado, tendendo na outra direção, ocorreriam perdas de eficiência pela desestruturação das unidades e dificuldade de gerenciar sem risco de caos. A junção dessas premissas e elementos em um modelo definem as características básicas de autonomia e organicidade do SOMA.

O comportamento harmônico e homogêneo asseguram a organicidade do sistema. O termo “orgânico” foi escolhido pela sua propriedade de sintetizar os objetivos da proposta de abordagem da tese. “Orgânico”, segundo Ferreira (1986) refere-se “ao que é relativo a órgão, a organização ou a seres organizados” ou então, “o que tem caráter de um desenvolvimento natural, inato, em oposição ao que é ideado, calculado”. Um Sistema Orgânico de Manufatura Autônoma (SOMA), dessa forma, é intrinsecamente capaz de naturalmente se organizar e buscar suas competências inatas para crescer, o que implica em ele ser também evolutivo, adaptável às mutações do meio ambiente.

A figura 4.2 ajuda a compreender, através de um exemplo, o modelo genérico da abordagem autônoma e orgânica do SOMA, a partir das relações entre as diferentes unidades que compõem o sistema. Os anéis da figura definem os agrupamentos principais de competências em torno dos diferentes tipos de produto. Existem três tipos de UNs - Unidades de Negócio:

- ◆ UNM- Unidade de Negócio Mercado;
- ◆ UNP- Unidade de Negócio Produção;
- ◆ UNS- Unidade de Negócio Serviço.

A UNM é orientada principalmente para o mercado (para fora do grupo). Existe uma UNM para cada grupo focalizado de competências (cada anel da figura 4.2), distribuído entre as UNPs e UNSs (que se ocupam apenas das especializações que dominam). No exemplo da figura, anéis de famílias de partes diferentes fornecem a anéis de subconjuntos (e, eventualmente, a conjuntos). Conjuntos são montados a partir dos subconjuntos e/ou das partes. Esta característica é importante, uma vez que competência não está necessariamente atrelada a uma família de produtos mas sim à capacidade de dinamicamente colocá-los no mercado de acordo com uma capacidade intrínseca de gerá-los. Não existe hierarquia entre UNs. O agrupamento é natural, de acordo com as competências demandadas pelo produto (e pelo mercado, no caso das UNMs). Essa é a condição que permite que UNPs e UNSs prestem serviços a mais de uma UNM e, por outro lado, que define as bases de negociação entre UNs.

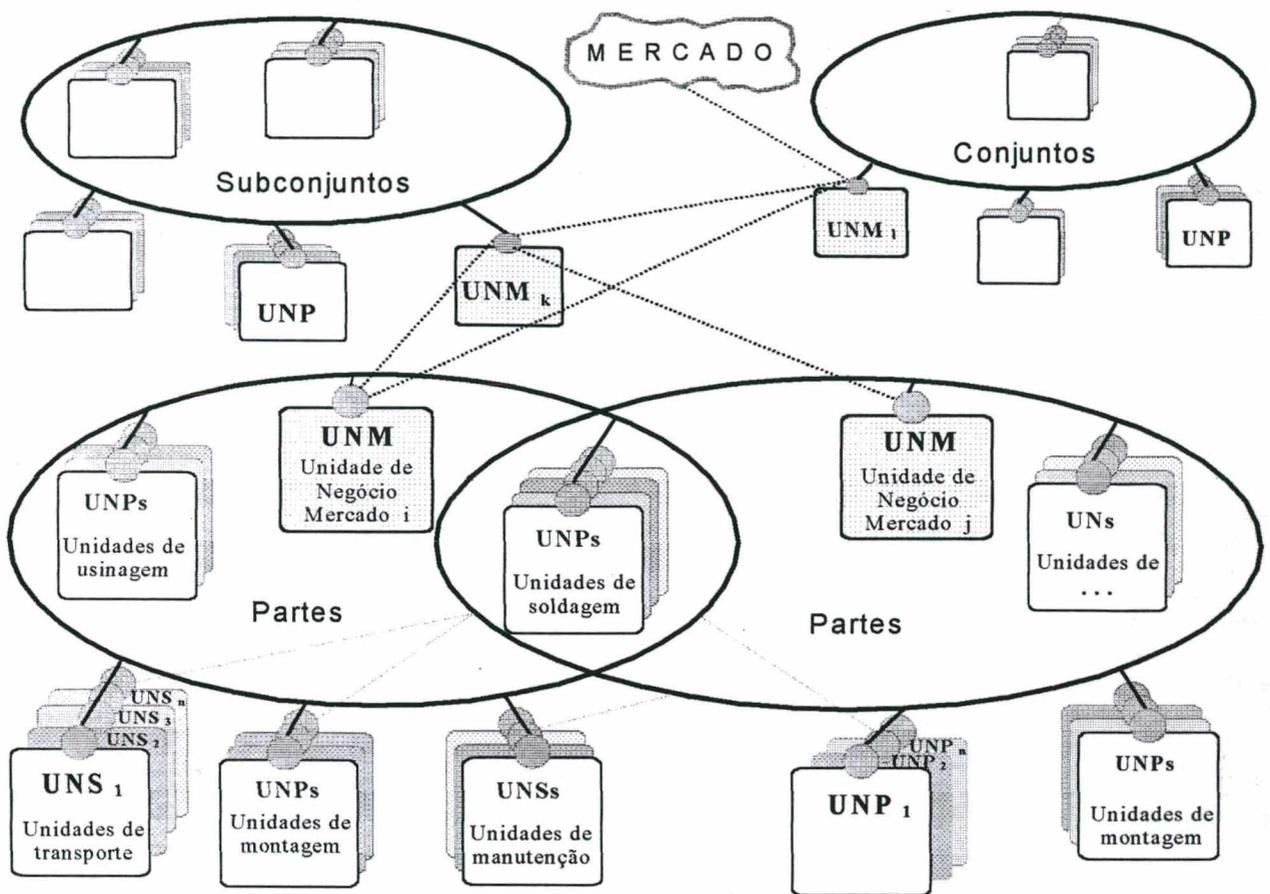


Figura 4.2- Estrutura característica do SOMA.

As principais características do modelo são:

- ◆ arquitetura modular, construída pelas relações entre unidades focadas, autônomas, denominadas genericamente de Unidades de Negócio - UNs;
- ◆ relações assíncronas entre UNs, apoiadas na Lógica de Negociação;
- ◆ agregação das funções de planejamento e execução em cada unidade independente;
- ◆ gerenciamento e controle também descentralizado, encapsulado em cada unidade;
- ◆ sistema organizacional definido por processos produtivos (ao invés de por funções).

As principais vantagens desta concepção são:

- ◆ redução significativa da complexidade do sistema pela eliminação de controles centralizados;
- ◆ redução dos problemas oriundos das características estocásticas, uma vez que recursos e tarefas são coordenados emergencialmente na medida da necessidade, ao invés de ser por meio de mecanismos de previsão;

- ◆ a flexibilidade alcançada pelo sistema sobrepuja quaisquer desvantagens decorrentes da alocação sub-ótima dos recursos (Parunak, 1991, a propósito, mostra como a solução ótima é, em geral, só teoricamente alcançada);
- ◆ os custos de controle são mínimos, se comparados aos sistemas convencionais;
- ◆ alta capacidade de expansão, reconfiguração, aperfeiçoamento e manutenção do sistema;
- ◆ capacidade intrínseca de percepção agregada dos conjuntos, inclusive do ambiente externo ao SOMA.

As UNs podem ser percebidas como entidades capazes de, agindo cooperativamente e por meio de negociação, decidir e modificar seus planos de ação de acordo com a necessidade e objetivos do sistema e com suas competências. Um grupo de UNPs e UNSs operam coordenadas em *pool* por uma UNM para gerar um produto pela agregação das competências das unidades. A organização por processos produtivos é construída baseada nas relações fornecedor - cliente como são percebidas pelo JIT e pelo TQC. Cada Unidade de Negócio “vende” (porque toda unidade gera um produto que tem valor) a maior parte de seus produtos para aqueles clientes preferenciais com os quais estabelece relações (na prática, centros de produção, em sua maior parte, da mesma empresa, ou seja, UNs comprando e vendendo de e para UNs). Está implícito que elas podem competir com outros fornecedores para atender os clientes na gama de produtos e serviços na qual se especializou e este é o principal *benchmarking* que avalia o desempenho das UNs em relação a qualidade, custo e atendimento (que inclui, além da entrega, os componentes de serviço contidos).

#### **4.2 O Modelo do SOMA**

O modelo do SOMA se baseia na lógica de negociação para orientar uma relação fornecedor - cliente sem hierarquia (não existe um centro de decisão que controla subordinados ou determina quais executarão as tarefas) e para agregar os recursos em unidades autônomas com capacidade própria de gerenciamento e de autodeterminação. As unidades agrupam os processos necessários para geração de um produto acabado (agrupamento este que pode ser complementado pela negociação de recursos com unidades complementares) e se coordenam através de estímulos baseados em prêmios e em mecanismos de avaliação de desempenho. Além disso, incorporam características capazes de promover a sinergia do sistema em torno da execução da rotina e do desenvolvimento de produtos. Este modelo é melhor detalhado a seguir.

Cada UN tem apenas um processo principal para manter e desenvolver. Como uma pequena empresa, isso lhes dá um grande senso de direção para, além de conduzir a rotina, também desenvolver as suas competências essenciais visando manter a sua competitividade. Também confere uma importante orientação proativa ao desenvolvimento contínuo das partes e do conjunto, já que as soluções têm sempre que ser negociadas. Como efeito colateral positivo, introduz-se uma forma de pensar e agir, em cada unidade, visando perspectivas de mais longo prazo. Isso permite libertar a operação das UNs dos mecanismos de avaliação apenas de curto prazo e de ordem econômica, típicos dos sistemas tradicionais (a exemplo de índices de desempenho baseados em custos diretos, estoques, retorno do investimento, e assim por diante). Permite-se, assim, introduzir elementos de avaliação de cunho mais estratégico, como, por exemplo, agregação de conhecimento (tecnologia inclusa) e desenvolvimento de competências.

A figura 4.3 ilustra a arquitetura organizacional do SOMA. Uma comparação com a visão hierárquica retratada na figura 3.1 enseja a observação de que há um rompimento com os paradigmas da concepção centralizada e verticalizada da manufatura. O desempenho de cada UN está vinculado ao do grupo do qual faz parte. Os objetivos gerais que definem o *modus operandi* das UNs são:

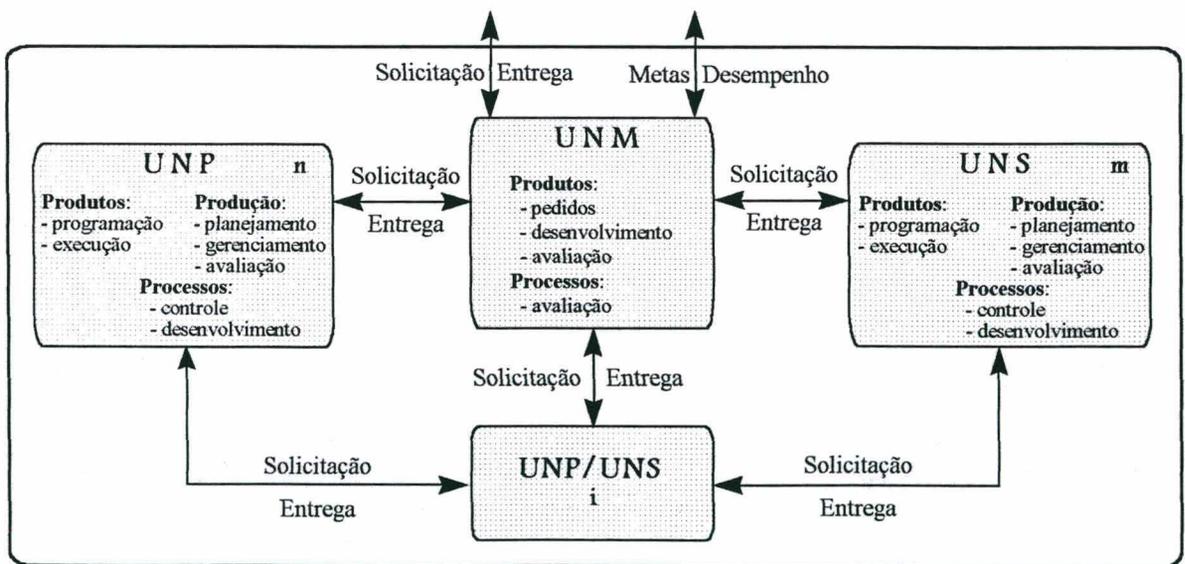


Figura 4.3- Arquitetura básica do SOMA.

- ◆ não precisam existir UNs “mestres” de nível mais alto, o que evita as relações “mestre - escravo” e assegura alto nível de autonomia local;

- ◆ UNs não precisam saber os planos de outras UNs, o que minimiza a necessidade de informações globais e melhora a adaptabilidade (reconfiguração dinâmica);
- ◆ UNs devem manter seus clientes e fornecedores informados quanto aos elementos que os relacionam;
- ◆ UNs devem negociar autonomamente os níveis de desempenho local e global, para assegurar a autonomia local e, ao mesmo tempo, a cooperação para se atingir bom desempenho global do sistema;
- ◆ UNs devem seguir o princípio do menor envolvimento (com o conjunto), para reduzir o número e a força das relações entre elas, o que aumenta a flexibilidade e a resistência a falhas.

Os princípios específicos que norteiam o funcionamento do SOMA são:

- ◆ cada UN está incumbida de entregar produtos e serviços acabados como se empresa fosse (orientação para o mercado);
- ◆ as UNs devem existir enquanto agregam valor ao sistema, sob a forma de produto ou serviço;
- ◆ as UNs são avaliadas pela sua capacidade de agregar valor, tendo como referencial o mercado;
- ◆ toda UN tem clientes e fornecedores;
- ◆ toda UN tem comportamento semelhante em relação ao seu meio ambiente (encapsulamento das ações de controle, vide Lepikson, 1990);
- ◆ os módulos operacionais de cada tipo de UN são similares entre si (padronizados, erigidos pela lógica de negociação, a ser vista adiante);
- ◆ as interfaces com fornecedores externos ao SOMA podem ser iguais às das UNs (isto é, também funcionar como se fosse parte integrante do SOMA, ou seja, como UNs).

Estas orientações visam disciplinar o modelo de gerenciamento do sistema. Elas não inibem, contudo, a cooperação e a troca de experiências entre UNs, o que é fundamental para a melhoria de desempenho do conjunto através da sinergia das partes. Estes aspectos serão melhor detalhados adiante.

As UNs têm uma clara orientação para o mercado. O conceito de produto no SOMA é abrangente: parafuso, por exemplo, é um produto. Ele serve à montagem de um redutor (também produto), que é parte de um conjunto de transmissão de um transportador de correia (o produto final na cadeia de interesse da empresa - mas nada impede que o transportador seja um

componente de um produto maior, uma planta de cal, por exemplo). Serviços também seguem o mesmo conceito, e podem ainda estar contidos nos produtos. A idéia de hólón, do Sistema de Manufatura Holônico, se encaixa aqui. Cada UN funciona como um fornecedor de uma cadeia de suprimentos de uma indústria. Os conceitos genéricos de produto e serviço visam assegurar ao SOMA algumas características que lhes são imprescindíveis:

- ◆ consistência de objetivos, princípios e meios operacionais;
- ◆ incorporação de conteúdo intangível nos produtos (serviços, informações, qualidade) e vice-versa (conteúdo tangível nos serviços);
- ◆ garantia de portabilidade e modularidade ao sistema, incluindo a capacidade de reconfiguração dinâmica;
- ◆ padronização abrangente, aplicada aos elementos tecnológicos, organizacionais, culturais, informacionais e financeiros (e, conseqüentemente, às estruturas e interfaces das UNs).

As relações entre UNs são baseadas, como já foi dito, em negociação. O controle do sistema e a avaliação de desempenho, por sua vez, apoiam-se em um mecanismo de premiação que funciona basicamente da seguinte maneira:

1. A UNM mantém um portfólio das competências de todas as UNs com as quais mantém relações, incluindo o próprio. Possui também capacidade de acesso aos portfólios das demais UNs do SOMA.
2. Quando a UNM negocia um contrato novo, ela envia convites às UNs cadastradas em cada especialidade, através da segmentação do produto em subprodutos a serem processados. Esses convites constituem chamadas de proposta que incluem:
  - ◊ especificações
  - ◊ desdobramentos dos planos gerais de processo;
  - ◊ prêmio que ela está disposta a pagar (que, por sua vez, incorpora preços, prazos de entrega e requisitos de qualidade esperados).
3. As UNPs ou UNSs manifestam o seu interesse e negociam as bases do convite, formalizando uma proposta (colocando os prêmios que aceitam para executar o serviço).
4. A UNM avalia as melhores propostas e confirma os contratos, levando em consideração o portfólio dos proponentes para efeito de eventual desempate. Se uma chamada de proposta não é respondida, provavelmente é porque incorpora muitas exigências em relação às competências disponíveis e/ou retorno deficitário (preço previsto baixo). A

UNM deve então reavaliá-lo técnica e economicamente (incluindo a renegociação com o seu cliente e os fornecedores) e submeter uma nova chamada de propostas. Este é um mecanismo simples e prático para se proteger o sistema dos projetos ou situações inviáveis que normalmente acabam sendo impostos à manufatura. Outra consequência é induzir a participação dos fornecedores (as UNPs e UNSs) no processo de desenvolvimento do produto.

5. As UNPs contratadas passam a processar e entregar os produtos em lotes, conforme o programado. Enquanto isso, a UNM vai creditando os prêmios (que podem ser negativos em decorrência de atrasos ou de problemas de qualidade) na conta corrente de cada UNP.
6. O portfólio das UNs é atualizado a cada lote entregue, com a divulgação dos resultados de cada UN (todas as UNs têm acesso aos valores para que estes possam ser debatidos e avaliados);
7. A UNM mantém auditado o sistema de premiação através dos recursos de avaliação de desempenho (capítulo 5). Casos críticos ou crônicos de baixo desempenho são analisados e, se necessário, contratos cancelados (o que implica em realizar nova chamada de propostas).

Observe-se que este processo se dá para cada produto novo que entra no SOMA (ou no caso de uma excepcionalidade, quando outras UNPs ou UNSs são acionadas, sempre via chamada de proposta). Uma vez ajustados os diversos desempenhos do sistema, a tendência é que o processo entre em regime de produção repetitiva dos produtos, com variação de quantidades definidas pelo dinamismo do mercado. As chamadas de proposta passam a funcionar, então como mecanismo de ajuste de demanda, parecido com um kanban, em um modelo mais flexível, no qual a UNM recebe uma programação mestre e distribui ordens eletrônicas às UNPs contratadas com as programações revisadas dos próximos lotes de componentes (a programação permanece a mesma até que revisões de quantidade ou prazo sejam necessárias).

Os prêmios exercem um papel importante no SOMA. Eles são os instrumentos principais para avaliação do desempenho de cada unidade e do conjunto como um todo. Além disso, eles agem como elementos reguladores: quando, por exemplo, uma UN está sobrecarregada, a tendência é dela se contentar com a carteira de pedidos que já administra pois está sob constante risco de gerar prêmio negativo (prejuízo) devido à possibilidade de atrasos ou de problemas de qualidade. Por outro lado, UNs mais ociosas ou que aperfeiçoaram os seus processos, terão

interesse em melhorar seu índice de desempenho aceitando fazer propostas. Além disso, chamadas de propostas urgentes ou prioritárias pagarão mais (até porque precisam viabilizar as exceções), gerando oportunidades interessantes para as UNs melhorarem seus índices.

Um detalhe importante do modelo se refere ao conceito de valor agregado. No SOMA, as UNs são valorizadas pelas suas capacidades de agregar competência e não pela capacidade de gerar lucro. As propostas são emitidas pelo valor de custo real. Esse conceito é importante pelas seguintes razões:

- ◆ permite equalizar em uma única unidade de medida todos os tipos de UNs, ou seja, unidades tão díspares como de fabricação, de manutenção ou de apoio contábil podem ser igualmente avaliadas quanto ao seu desempenho em qualidade, custo e atendimento (afinal, se qualquer UNS, em geral, der lucro, será em detrimento do desempenho do conjunto e do produto final – uma falha comum, aliás, dos sistemas tradicionais de avaliação por centros de custo ou por valor agregado);
- ◆ facilita sobremaneira a manutenção dos sistemas de custeio e a conseqüente avaliação dos custos reais de produção, já que cada unidade contribui continuamente para isso;
- ◆ assegura a quantificação do valor realmente agregado ao longo de todo o processo de produção, pela simples diferença obtida entre o valor de venda do produto final menos o valor total de custo, o que é uma ótima medida direta de competitividade.

Este conceito não inova. Na realidade, esta é a metodologia defendida pelo OPT para avaliação mais realista da competitividade das empresas de manufatura (Goldratt, 1996, detalha bem estes princípios).

A longo prazo, o conjunto de UNs coordenado para uma família de produtos cria vínculos cada vez mais fortes em torno das competências específicas (os anéis da figura 4.2). A competitividade deriva da habilidade de desenvolver essas competências. Essas competências, por sua vez, é que gerarão os produtos que o mercado demanda. O desenvolvimento de novos produtos (ou melhoria nos existentes) é um processo cooperativo entre as UNs e faz uso de mecanismos específicos para estímulo à participação (e serão vistos adiante). Assume-se, dessa forma, uma clara orientação na direção da estratégia de diferenciação (na acepção de Porter, 1991), só que associada a uma também clara vocação para otimização do desempenho em custos, uma vez que o sistema é fundamentado na capacidade de negociação das UNs.

Dependendo da complexidade do produto final (resultado da soma dos produtos e serviços das UNPs e UNSs), níveis diferentes de coordenação podem ser estabelecidos para, por exemplo,

montagem de conjuntos a partir de subconjuntos ou componentes, de produto a entregar ao mercado a partir dos conjuntos e assim por diante (figura 4.2). Importante é que a estrutura organizacional e o modo de operação de cada UN permanece fundamentalmente constante.

A lógica que orienta esta arquitetura é simples: o sistema tem que ser dinâmico, rapidamente configurável à medida em que o mercado assim o exija, mas a competência de cada unidade deve ser estável para que haja condição de aperfeiçoamento contínuo, pelo menos enquanto aquela competência for útil.

O porte das UNs é restrição importante, já que elas funcionam como times (equipes com tamanho e propósitos específicos) e times não devem ser numerosos: o número mágico proposto por Harmon (1992) como limite para as mini - fábricas é de 20 pessoas (o que é confirmado por Ostroff & Smith, 1992, quando demonstram que as equipes de trabalho em organizações horizontais não devem ultrapassar o limite de 20-30 pessoas). Na prática, as equipes das UNs tendem a ser menores do que estes números limites. Todos os membros trabalham no âmbito da UN e, apesar de especialistas, compartilham suas atividades com os demais visando a flexibilidade e o crescimento do grupo. Podem participar de outros times, quando se tratar de atividade relacionada a desenvolvimento de parcerias (novo produto, por exemplo). Essa delimitação é importante para que as UNs mantenham sua agilidade e foco, além da dependência mútua e equilíbrio entre elas.

A figura 4.4 mostra a estrutura organizacional do SOMA ressaltando o fluxo de informações. Alguns aspectos se destacam:

1. existem 2 tipos principais de fluxo: entre UNs e internos às UNs
2. os fluxos entre UNs também se subdividem em 2 classes, cada um com sentidos de objetivo e de tempo diferentes:
  - ◊ operacional, baseado nas rotinas de produção;
  - ◊ estratégico, que se realiza, nesse caso, através do desenvolvimento de produtos;
3. entre UNs existem apenas fluxos assíncronos que relacionam os parceiros (não há fluxo de controle);
4. as relações entre UNs ocorrem através do módulo gerenciador que, nas UNMs, é subdividido em dois: gerenciamento do negócio (gerenciamento e colocação de ordens de serviço) e desenvolvimento de parcerias (assistência às UNPs, auditoria e organização das competências para desenvolvimento ou melhoria de produto);

5. o gerenciamento é baseado na capacidade técnica e experiência dos colaboradores, que se apoiam em uma lógica de negociação para interagir.

Convém observar que este trabalho enfoca prioritariamente os aspectos técnicos relacionados a estas interfaces. Está implícita a dependência destes da capacidade gerencial dos colaboradores (que não é objeto de maior aprofundamento neste estudo). Para que o modelo seja mais do que um conjunto de algoritmos e tire proveito de todo o seu potencial, as ferramentas devem estar a serviço do desenvolvimento de competências e de flexibilidade operacional.

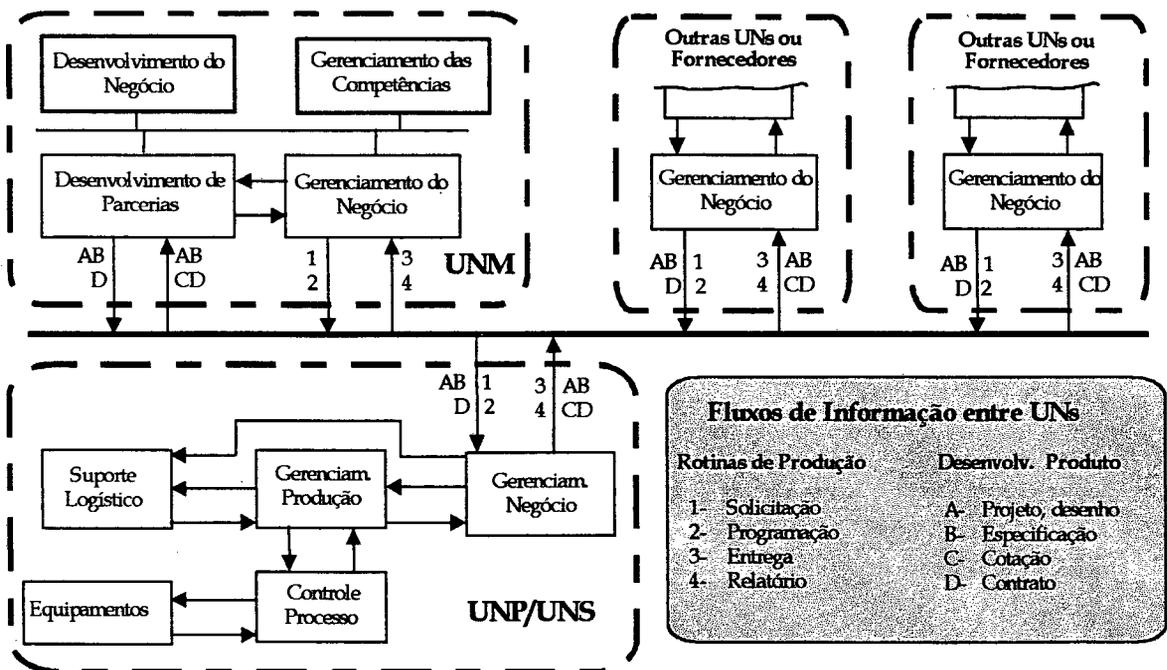


Figura 4.4- Estrutura Organizacional do SOMA e seu fluxo de informações.

#### 4.2.1 Distribuição e Autonomia

Na abordagem do SOMA, autonomia implica na distribuição efetiva do poder de decisão ao nível das unidades que compõem o sistema. Elas possuem um grau de agregação de competências e recursos que lhes assegura capacidades de autogestão e autodeterminação em um meio com características competitivas. Isto impõe conhecimento e acesso a toda informação que a unidade precisa para exercer estas capacidades. Implica ainda em alto grau de modularidade, ou seja, unidades claramente definidas quanto aos seus objetivos e apoiadas em módulos padronizados que garantem a independência e confiabilidade da unidade, além do comportamento harmônico e homogêneo das suas interfaces.

É importante observar que a especialização das unidades pode ser livremente combinada, o que garante alta flexibilidade ao sistema, num resultado de conjunto que é maior do que a soma das partes. Especialização, aqui, está associada às competências essenciais: cada unidade é capaz de reunir o conhecimento necessário à integração das tecnologias que geram os produtos. Nessa ótica, as competências são consideradas recursos mais valiosos do que os materiais (prédios, equipamentos e ferramental, etc.) pois, ao contrário destes, se valorizam com o tempo. Além disso, materiais, ao contrário de competências essenciais, podem ser facilmente encontrados e comprados quando necessário. As competências são aperfeiçoadas pelo uso e compartilhamento, e os produtos gerados devem refletir isto. A título de exemplo, a reunião pelas competências essenciais pode ser facilmente percebida nas unidades prestadoras de serviço, como as de projeto ou de manutenção, onde os recursos materiais são meramente acessórios se comparadas às competências agregadas para executar um serviço.

As unidades que compõe o modelo e a sua organização serão discutidas a seguir.

#### 4.2.2 As UNPs e UNSs - Unidades de Negócios Produção e Serviço

A UNP pode ser considerada o núcleo do SOMA, já que ela é responsável pelas suas atividades fins. A UNS é similar à UNP mas, sob o ponto de vista operacional, ela se distingue quanto aos seus objetivos:

- ◆ UNP como alinhada com os fluxos mestres (que agregam valor a produto da empresa);
- ◆ UNS como prestadora de serviço de apoio (agrega capacidade ao processo).

Os serviços da UNS podem ser de diversas naturezas: manutenção, transporte, ferramentaria, planejamento de processos, programação de máquinas de comando numérico, *pre-setting* de ferramentas, garantia da qualidade, suporte tecnológico e outros. A UNS é avaliada por índices de desempenho calculados de acordo com a sua especificidade (baseados principalmente em qualidade e atendimento, como se verá no capítulo 5).

As UNPs possuem, do ponto de vista organizacional, uma estrutura similar às das FMCs (na acepção de Lepikson, 1990, na qual as FMCs são orientadas por produto), com duas características adicionais:

- ◆ capacidade de decisão, planejamento e de gestão incorporadas localmente, visando autonomia;
- ◆ arquitetura física mais livre (nada impede, por exemplo, uma UNP de usar recursos externos a ela para complementar os que lhe faltam).

UNPs não precisam ter leiautes constituídos como as FMCs clássicas, dado que o conceito do SOMA permite maior liberdade de configuração e amplia sua flexibilidade operacional pela possibilidade de usar fluxos cruzados, de forma similar ao sugerido em, por exemplo, Klen (1996).

Em princípio, um SOMA é constituído por UNPs e UNSs dissimilares, no qual sempre haverá uma Unidade mais competente para executar um dado conjunto de tarefas. O princípio da concorrência é mantido para efeito de avaliação e de *benchmarking* interno e externo.

A figura 4.5 dá uma idéia da organização interna de uma UNP (e, por extensão, de uma UNS) sob o ponto de vista do fluxo e armazenagem de informações, na qual se destacam:

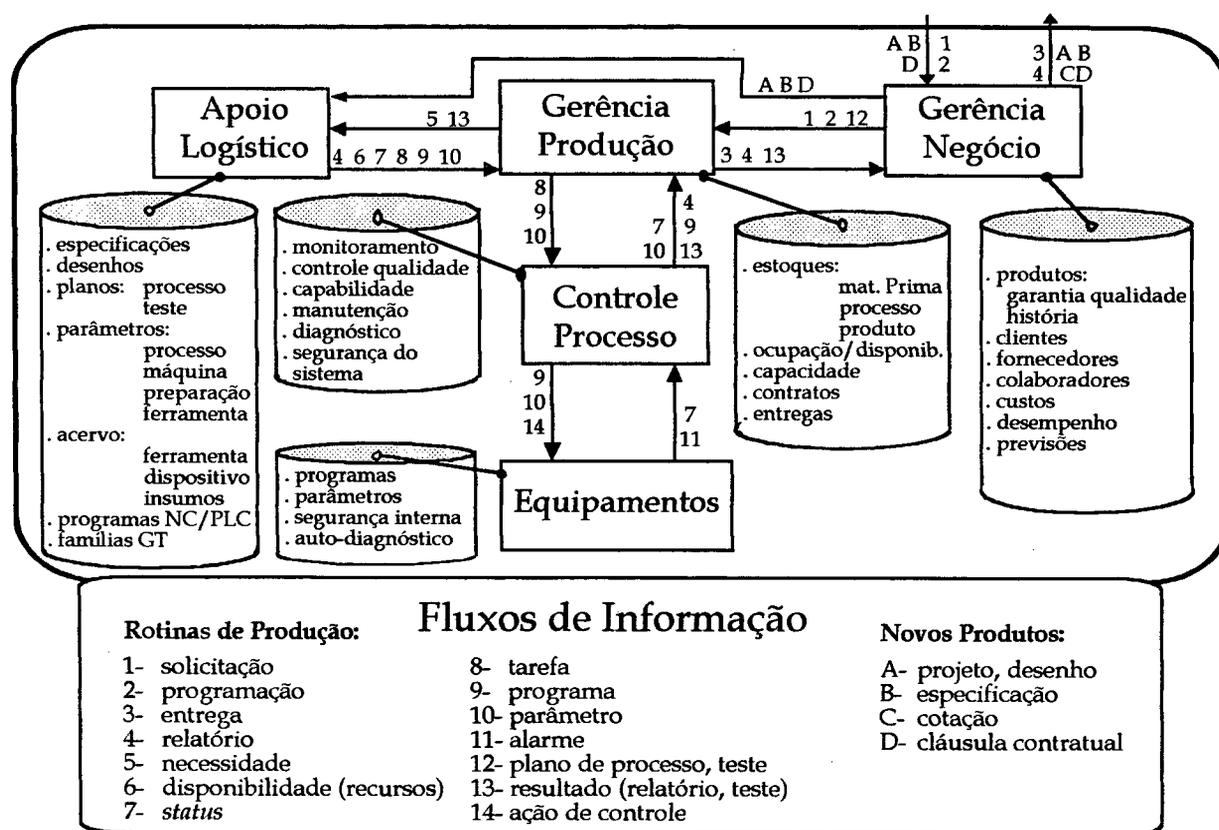


Figura 4.5- Estrutura Organizacional da UNP e seu fluxo de informações.

- ◆ Encapsulamento das ações de gerenciamento e de controle;
- ◆ relacionamento assíncrono com o meio ambiente;
- ◆ transparência para o conjunto quanto à configuração física da UNP, seu leiaute ou seu nível de automação;

- ◆ gerenciamento interno das bases de dados relacionadas à operação da UNP (inclusive informações sobre os clientes e o rastreamento da história dos produtos para efeito de garantia da qualidade);
- ◆ separação entre as rotinas de produção, desenvolvimento de novos produtos e de relacionamento com o meio ambiente (gerenciamento do negócio).

Estas características garantem ao sistema grande flexibilidade, além de capacidade intrínseca de resistir a falhas pois os problemas ocorridos em qualquer das unidades nelas ficam confinados e pouco afetam o conjunto. A figura 4.6 detalha a estrutura funcional básica de uma UNP. Observa-se que o gerenciamento técnico da rotina de produção da UNP, bem como o controle dos seus recursos, se assemelham aos mecanismos (já conhecidos) das FMCs, com as seguintes exceções:

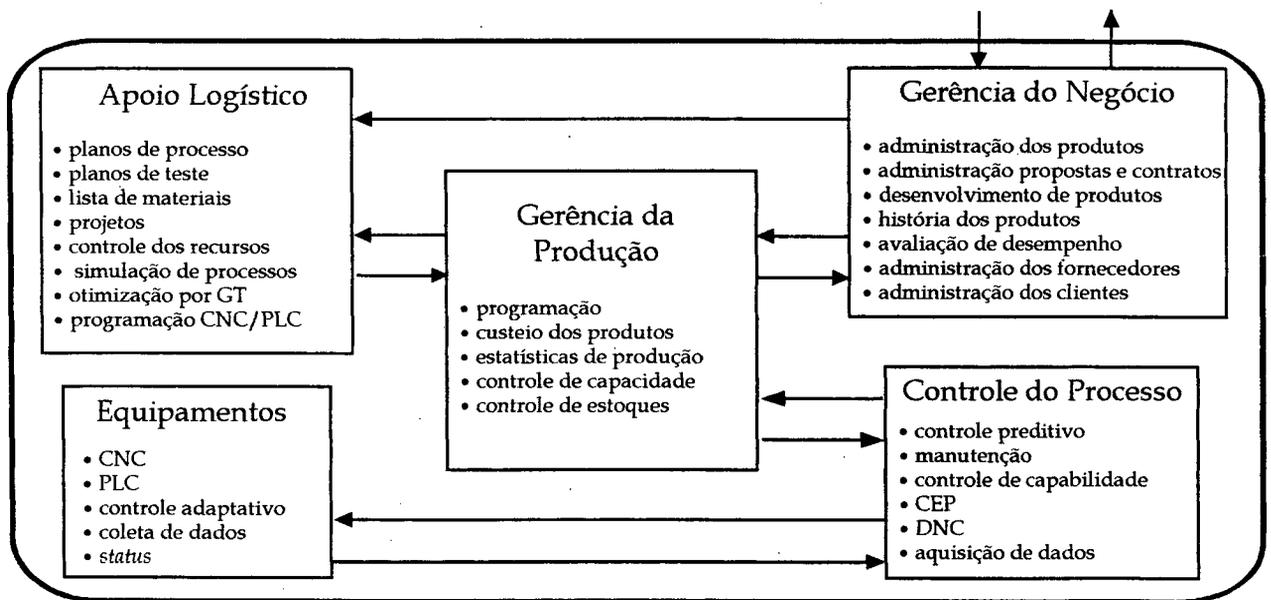


Figura 4.6- Estrutura funcional de uma UNP.

- ◆ não há, *a priori*, definição de cargos ou funções, apesar de estar prevista a separação de prioridades entre as duas atividades de gerenciamento (produção e negócio);
- ◆ recursos administrados pela UNP podem estar contidos em outras unidades que lhe cedem capacidade por via de contrato negociado.

Além disso como sua arquitetura é mais aberta do que das FMCs convencionais ou das linhas de kanban, ela gerencia independentemente sua capacidade, seus estoques, recursos e sua

qualidade. É também responsável pelos seus planos de processo, dispositivos e programas NC (serviços que são, em geral, contratados junto às UNSs).

As bases de dados são distribuídas (DDB- *Distributed Data Bases*) e cada UN (de qualquer tipo, já que esta é uma regra geral do SOMA) mantém as informações que lhes são mais importantes, compartilhando as de interesse comum (segundo critérios de acesso seletivo característicos das DDBs). Informações especializadas são disponibilizadas pela UN que presta o serviço (por exemplo, planos de processo pela UNS fornecedoras de CAPP, projetos pela de CAD, e assim por diante). A adoção do padrão SQL (*Structured Query Language*, linguagem estruturada de pesquisa, ver Date, 1992) facilita a integração entre DDBs e padroniza as interfaces com os usuários. Singh & Weston (1993) estudam este aspecto sob a perspectiva da integração, pela padronização via SQL, de sistemas heterogêneos de controle da produção. O SOMA aproveita esta possibilidade, na medida em que as relações entre unidades são assíncronas. Faz uso, para esse fim, do conceito de caixa postal (bases de dados específicas para gerenciar e endereçar as mensagens que entram e saem das unidades (ver, a propósito, Lepikson, 1990).

O gerenciamento do negócio merece esclarecimentos, dadas as suas peculiaridades e importância para a organicidade do SOMA. É ele que assegura à UNP uma postura:

- ◆ crítica em relação ao mercado, o que inclui:
  - ◊ preocupação com desempenho;
  - ◊ *benchmarking* contínuo com concorrentes (que podem ser outras UNPs similares);
  - ◊ acompanhamento dos problemas dos produtos e de auditoria da qualidade pelos clientes;
- ◆ construtiva em relação aos produtos, pela capacidade de:
  - ◊ estar em constante sintonia com os clientes;
  - ◊ corrigir rapidamente falhas;
  - ◊ melhorar os produtos aos desígnios dos clientes;
  - ◊ evoluir na qualidade, no custo e no atendimento;
  - ◊ desenvolver novos produtos;
- ◆ evolutiva em relação aos processo produtivos, já que:
  - ◊ tem elevada sensibilidade às mudanças do mercado e à sua evolução;
  - ◊ aproveita bem os resultados da curva de aprendizado;

- ◊ tem elevada sensibilidade quanto à capacidade (de produção) e capacidade (de qualidade, via CEP) dos processos operados pela Unidade e quanto ao seu potencial para melhorias.

Pode-se dizer que esta é também uma gerência de competências essenciais, uma vez que o desenvolvimento delas é um subproduto importante desse processo e já que estas fundamentam toda a base tecnológica e os métodos sobre os quais o sistema se organiza.

Como rotina, a gerência do negócio conduz as relações clientes - fornecedores. Não existe, ao nível das UNs, a burocracia das relações comerciais tradicionais, uma vez que o conjunto é construído com base na elevada interação entre unidades. Esse princípio não inova, uma vez que é parte dos fundamentos do kanban. Lembre-se, contudo, que o modelo é configurado para ultrapassar os limites da operação do tipo kanban, na medida em que permite que os níveis de produção possam variar mais significativamente sem grande prejuízo do seu desempenho operacional.

#### 4.2.3 As UNMs - Unidades de Negócio Mercado

As UNMs são, operacionalmente, similares às demais UNs e fazem uso de muitos de seus atributos. A diferença é que o seu produto é o resultado dos esforços coordenados das demais UNs para gerar o produto final do grupo. Tendo esta diferença em mente, tudo o que se colocou acima sobre as UNPs e UNS se aplica também às UNMs.

Dois aspectos precisam ser ressaltados. Primeiro, como a UNM é responsável pelo produto final (que será entregue a outra UNM ou cliente final do sistema), sua preocupação maior é com a harmonia do conjunto. O processo a ser controlado, para a gerência de negócios da UNM, é a logística do sistema, que deve ser harmonizada em suas interfaces. O funcionamento, nesse caso, é similar ao processo de compras de uma empresa em ambiente JIT/TQC. Cada UNP responde aos estímulos de forma assíncrona, isto é, de forma não determinística. Esses estímulos podem ser de naturezas distintas:

- ◆ desempenho (capacidade, capacidade, disponibilidade);
- ◆ programação (alteração dinâmica da produção);
- ◆ otimização (das operações e das competências, de forma negociada);
- ◆ projeto (tarefas delegadas em funções de desenvolvimento de produto ou processo).

Segundo, de forma análoga às UNPs e UNSs, existem dois processos paralelos de gerenciamento, mas com duas diferenças: ambos interfaceiam com o meio ambiente e a rotina é

conduzida pela gerência de negócio. Cabe à UNM o ajustamento das relações entre redes distintas de UNs e com os fornecedores externos ao SOMA (aqueles que por incapacidade técnica ou falta de interesse econômico não operam como UNs).

O Gerenciamento de Parcerias administra o desenvolvimento e aperfeiçoamento contínuo dos produtos e processos (funciona de forma parecida com a Engenharia Concorrente, com as vantagens e os ônus das suas características *ad-hoc*). UNSs específicas, prestadoras de serviço em ferramentas do tipo CAD/CAE/CAM, podem ser acionadas para apoiar o projeto em suas diversas fases. Cabe à UNM propor os novos projetos, após as devidas prospeções e pesquisas de mercado, e ao modelamento dos requisitos básicos de especificações que nortearão os potenciais parceiros. Para isso, elas contam também com o módulo de Desenvolvimento do Negócio, que tem a perspectiva precípua de “enxergar” para fora do SOMA.

Complementar aos demais módulos, o Gerenciamento de Competências administra o portfólio das UNs e avalia o desempenho do sistema (cujo mecanismo é explicado no próximo capítulo), além de fornecer a todas as informações necessárias ao gerenciamento e aperfeiçoamento da rotina e ao desenvolvimento de novos produtos.

A UNM assume, à sua forma, os mesmos requisitos e posturas definidos para as demais UNs, ao nível do produto final. E também as mesmas características e capacidades inerentes ao desenvolvimento das competências essenciais. Como acréscimo, tem a responsabilidade da percepção do universo externo ao SOMA e a sua tradução para as necessidades internas do sistema.

### **4.3 Coordenação entre UNs**

As gerências de negócio das UNs se coordenam por serviços do tipo “solicita - entrega”. O portfólio mantido pelas UNMs contém o escopo de competência seu e dos seus fornecedores para orientar a coordenação do grupo sob sua responsabilidade.

Observe-se que as UNPs são concebidas como sendo unidades internas às empresas. No entanto, devido à autonomia das unidades e à organicidade do SOMA, nada impede que elas possam extrapolar os limites da empresa para formar uma malha mais ampla, envolvendo empresas distintas. Isso habilitaria o SOMA a englobar conceitos como de Manufatura Virtual ou de Fábrica Focada (essa possibilidade, contudo, não é explorada no detalhamento do modelo).

O conceito do SOMA comportaria também estender esses serviços para outras áreas não relacionadas com a manufatura, como finanças, marketing, assessoria jurídica, etc. No entanto, também não é objetivo desse trabalho ultrapassar as fronteiras da manufatura.

#### 4.3.1 Coordenação das Relações na Negociação

Os grupos podem se interpenetrar à medida em que as UNPs e UNSs contem com disponibilidade e disposição para atender outros itens além dos que normalmente produzem (vide exemplos das UNs de transporte, montagem e manutenção na figura 4.2). Nesse caso, a UNP ou UNS poderá se relacionar com mais de uma UNM, ou seja, terá mais de um cliente (UNM) para atender.

Esse é um aspecto poderoso mas, ao mesmo tempo, crítico do modelo, uma vez que se passa a ter um sistema de manufatura que rompe com as lógicas convencionais de controle da produção e incorpora uma flexibilidade ao conjunto muito superior à obtível pelos tipos convencionais de manufatura. Contudo, traz consigo o problema inerente do gerenciamento de situações potencialmente críticas.

O SOMA resolveu o problema do caos nos sistemas distribuídos de duas maneiras: com um maior nível de agregação de recursos em cada unidade, e com cuidados específicos na lógica de negociação que operacionaliza o SOMA (e que serão comentados adiante).

Alguns pressupostos estão inclusos nesse modelo do SOMA:

- ◆ o meio ambiente é, em princípio, instável mas permite uma programação de produção com perspectivas de médio prazo, na qual pedidos de emergência são exceções aceitas e toleradas;
- ◆ ociosidade é um problema inerente às empresas, que tentam minimizá-la;
- ◆ UNP e UNS tentam, sempre que podem, vender capacidade ociosa;
- ◆ UNP que permanece muito tempo ociosa é como empresa deficitária: merece atenção especial e até mesmo avaliação quanto às razões da sua existência.

#### 4.3.2 Padronização para coordenação

As interfaces entre as UNs seguem alguns requisitos de padronização visando garantir as características portabilidade e interoperabilidade do SOMA. É importante que uma unidade possa se compor com qualquer grupo de forma transparente para o sistema. É interessante também que diferentes SOMAs possam se integrar da mesma forma. Evita-se, assim, que problemas técnicos de baixo nível contaminem a operacionalidade do conjunto. Não é objetivo deste trabalho detalhar

as especificações dos padrões. Contudo, algumas orientações quanto aos seus requisitos podem ser consideradas:

- ◆ LAN baseada em protocolos de fácil gerenciamento, reconfiguração e integração, como ISO/OSI ou TCP/IP (vide Mendes, 1989) ou mesmo Intranet/Internet, que já estão se tornando opções factíveis (ver, por exemplo, Upton & McAfee, 1996);
- ◆ DDBs integradas por interface SQL visando oferecer uma linguagem comum para manipulação de informações (pressupõe o uso de DDBs relacionais ou orientadas a objeto);
- ◆ unidades monetária, metrológica e de tempo de ciclos (hora, dia, semana) pré-definidas, de forma a padronizar a linguagem técnica e a semântica das relações entre UNs;
- ◆ softwares básicos (sistemas operacionais) e aplicativos também padronizados, mesmo que por padrões de mercado (a idéia é concentrar-se em uma única cultura informacional);
- ◆ interfaces com os usuários (GUI - *Graphical User Interface*) que uniformizem a linguagem e a cultura da empresa (incluindo relatórios e formulários, eletrônicos ou em papel).

Um efeito positivo adicional desse tipo de relacionamento padronizado está no equacionamento do problema da contabilidade de custos. Como cada UN apropria seus custos operacionais e o fator custo sempre será um dos parâmetros de avaliação de desempenho, abre-se caminho para solucionar, por esta via, um problema sério da manufatura atual que é o da inadequação das técnicas tradicionais de contabilização e rateio de custos. Este aspecto é melhor explorado no capítulo 5.

#### **4.4 Desenvolvimento de Produtos e seus Componentes**

Outro recurso que tem características peculiares no SOMA é o de desenvolvimento ou aperfeiçoamento de produtos (ou componentes, ou serviços). Toda UN fornecedora regular do sistema, tem que ter preocupação constante com a melhoria do conjunto e das partes. Para tanto, os fornecedores são classificados no registro do domínio do SOMA em três grupos:

- ◆ parceiros - fornecedores preferenciais, são as UNPs (e algumas UNSs, como de CAD, por exemplo) que trabalham com a UNM desde o desenvolvimento dos produtos e garantem o fornecimento regular ao sistema;

- ◆ parceiro alternativo - UNPs e UNSs que são parceiras em outras famílias de produtos e serviços e que podem responder a uma necessidade emergencial de fornecimento de outros produtos ou serviços quando solicitado;
- ◆ fornecedores gerais - aqueles que não têm *status* de UN.

O que caracteriza as UNs parceiras é o seu envolvimento mais aprofundado com o produto final do SOMA. Em um sistema distribuído, contudo, a melhoria do conjunto é difícil de ser obtida por não haver uma indução nesse sentido provocada por uma instância superior (que, no caso, não existe). A alternativa encontrada pelo SOMA foi a de premiar os fornecedores segundo o seu grau de envolvimento com o conjunto. Todo custo dedicado pelas UNs ao apoio destas atividades (e que, portanto, não se encaixam nos custos de rotina) é lançado numa conta específica, que não é só de custo, mas também de investimento. A lógica do sistema é a seguinte:

- ◆ o tempo dedicado pela equipe da UN ao desenvolvimento de um novo produto (ou componente ou serviço), é convertido em valor monetário a partir de um número de homens.hora alocado;
- ◆ esse valores vão sendo creditados a contas individuais específicas, sob a forma de “poupanças” vinculadas a cada projeto;
- ◆ quando o produto se viabilizar para produção, os valores correspondentes dessas contas poderão ser abatidos na proposta de fornecimento;
- ◆ este abatimento é calculado pela relação entre o total previsto de itens a serem produzidos no contrato e a expectativa de vida do produto (total previsto de itens a serem produzidos ao longo do ciclo de vida do produto);
- ◆ esse valor é também totalizado para efeito de cálculo, pela UNM responsável, do custo total do projeto e da sua conseqüente incorporação no custo do produto final;
- ◆ caso o projeto redunde em fracasso, os valores das contas a ele vinculadas são creditados às respectivas UNs para ressarcimento dos seus custos e debitadas ao grupo de custos “enterrados”.

O mesmo raciocínio se dá com o desenvolvimento ou aperfeiçoamento de componentes ou serviços que beneficiarão simultaneamente vários produtos. A diferença é que o valor dessa conta é rateado proporcionalmente ao uso entre todos os produtos que se beneficiarão da melhoria.

O próprio processo de desenvolvimento auxilia no macro - planejamento da produção, na medida em que a participação dos potenciais envolvidos na produção futura ajuda a identificar aqueles mais críticos a serem tratados. Iniciativas podem assim ser antecipadas em todas as

frentes necessárias (técnicas, comerciais ou estruturais). Incluem-se nesse contexto a contratação de estudos de soluções tecnológicas alternativas, de protótipos ou de lotes de pré-série (nos quais processos também podem ser testados e validados quanto à capacidade e capabilidade). Ao final do processo de desenvolvimento, as UNs parceiras devem ter agregado (para si e para o conjunto) o domínio tecnológico do produto e do processo (inclusive custos), além do aperfeiçoamento das competências essenciais (um ganho que ocorre independente do produto vir ou não a ser lançado no mercado, como bem exemplifica Vrakking, 1990).

Há de se considerar que o desenvolvimento de novos produtos sempre importa em certa dose de risco de insucesso. Nesse caso, os custos incorridos são rateados proporcionalmente (aos seus custos) entre todos os demais produtos em produção. Necessita-se, contudo, cuidado no repasse desses débitos para distribuí-los ao longo de diferentes exercícios de forma planejada (função da UNM coordenadora dos produtos de mais alto nível). Esses valores seriam abatidos, em cada produto, do já previsto para o fundo de desenvolvimento de produtos nas respectivas planilhas de cálculo de custo. Se essa rubrica ficar negativa, o custo dos produtos deve aumentar proporcionalmente para cobrir o déficit.

Este mecanismo do SOMA tem dupla vantagem. Primeiro, incorpora um sistema simples e eficaz de apropriação de custos de novos projetos. Segundo, garante uma vantagem competitiva à UN que atuar como parceira no desenvolvimento de produtos. Isto estimula cada UN a estar sempre pensando formas de incorporar melhorias e a participar de novos projetos. Esta atuação cooperativa também favorece a regularidade da carteira de fornecimento das UNPs numa perspectiva de médio e longo prazos, com impactos na própria estabilidade do sistema. Já a melhoria dos processos, por ser interna às UNs, não precisam fazer uso desse mecanismo, uma vez que as UNs já dispõem de meios suficientes, a começar pela exposição contínua à concorrência, para promover as melhorias contínuas que garantirão a sua competitividade.

Tanto o projeto de novos produtos como as melhorias nos existentes impõem uma etapa de planejamento dos processos para adequá-los às novas exigências. A figura 4.7 ilustra esquematicamente como isso ocorre, desde o planejamento conjunto feito pelas UNs, até a execução dos processos produtivos, tocados individualmente pelas UNs.

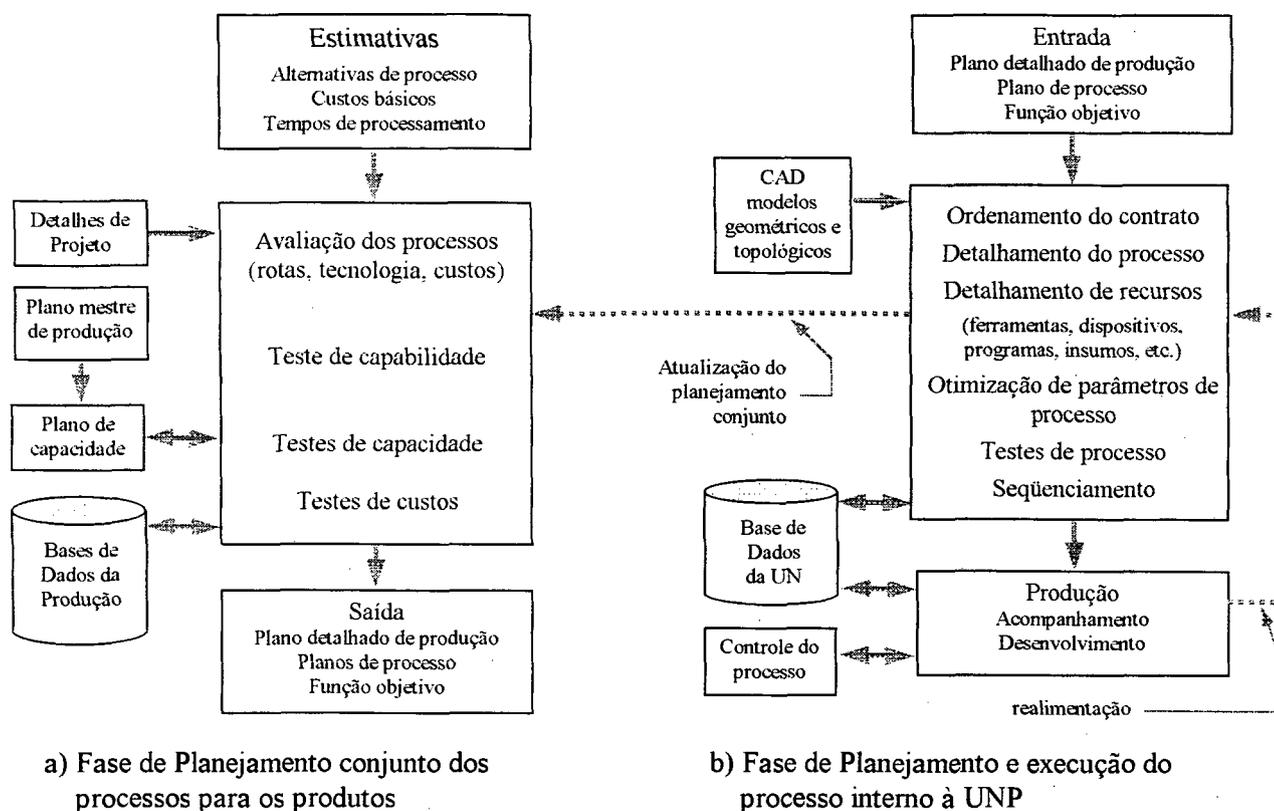


Figura 4.7- Arquitetura e funcionalidade do planejamento e execução dos processos.

#### 4.5 A Lógica de Negociação

A Lógica de Negociação é o núcleo operacional do SOMA, uma vez que ele define as bases formais do relacionamento entre as UNs. Nele estão inclusas as regras que orientam o comportamento de cada parte no conjunto e do conjunto como um todo. Ela é a ferramenta básica na qual se apoiam os colaboradores para o gerenciamento das unidades. Ela é também a base para a construção do modelo formal que valida o SOMA na sua parte mais sensível, que é o gerenciamento do negócio de cada UN. Para melhor compreender a Lógica, convém ter claro algumas das premissas e características básicas assumidas pelo sistema.

a) premissas:

- ◆ uma solução sub-ótima tenderá a ser mais eficaz do que uma ótima que seja alcançável apenas idealmente (não se buscará, portanto, soluções ótimas que restrinjam e inutilizem o modelo e que não tenham representatividade no mundo real);
- ◆ os sistemas de manufatura têm comportamento estocástico, isto é, não são determinísticos e podem ser explicados através de distribuições estatísticas;

- ◆ o nível de especialização de cada menor entidade operacional da manufatura (uma máquina, por exemplo) é tão elevado que inibe a construção de modelos genéricos que representem adequadamente todas as possibilidades (estas especificidades estarão contidas nas UNs e poderão ser abstraídas do modelo);
- ◆ o dinamismo intrínseco da manufatura é conflitante com sistemas hierarquizados (e, conseqüentemente, mais estáticos) de controle;
- ◆ a freqüência de negociação é compatível com a capacidade de gerenciamento das UNs (não há acúmulo nem concorrência de chamadas que possam gerar conflitos de programação);
- ◆ a introdução de novos produtos ocorre de forma planejada e com freqüência muito inferior às mudanças normais na rotina de produção dos existentes;
- ◆ perturbações no sistema podem ser entendidas como exceções esporádicas e aleatórias (há certa previsibilidade dos processos);
- ◆ o ambiente de comunicação é homogêneo e não restritivo para a operação do sistema (não se constitui obstáculo à integração do sistema);

b) características:

- ◆ mecanismo de negociação associado a uma função objetivo que o representa;
- ◆ alta modularidade do sistema, com relacionamentos fracos entre unidades autônomas (as ações de controle só ocorrem internamente nas UNs);
- ◆ gerenciamento interno de cada UN transparente para o mundo externo;
- ◆ controle do sistema assíncrono e totalmente distribuído;
- ◆ comportamento caótico evitado por regras simples de relacionamento que induzem à cooperação;
- ◆ capacidade intrínseca e dinâmica de reconfiguração e expansão;
- ◆ pouca ou quase nenhuma necessidade de informações globais para operar;
- ◆ avaliação de desempenho baseada em mecanismos de premiação.

O mecanismo de negociação é baseado em três componentes fundamentais:

- ◆ qualidade;
- ◆ custo;
- ◆ entrega.

Eles agregam todos os indicadores necessários para operação e avaliação do sistema, o que poderá ser observado ao longo do processo de construção da Lógica associado ao mecanismo. Um confronto com outros métodos de avaliação da manufatura, como os 8 qualificadores da manufatura distinguidos por Hill (1994) (preço, redução de custo, curva de experiência, confiabilidade e velocidade de entrega, qualidade, atendimento da demanda, linha de produtos) enseja observar como o mecanismo de negociação atende plenamente a todos eles.

#### 4.6 A Construção da Lógica de Negociação

A estrutura do modelo de negociação sobre o qual opera a Lógica é bastante simples, baseada em primitivas aceitas pelo senso comum. A figura 4.8 mostra a seqüência ordenada das primitivas de todo o processo de negociação, do convite inicial até a conclusão dos contratos. Percebe-se logo que se trata de um modelo de gestão “puxada” da produção, a partir das UNMs. Este é combinado com um sistema de macro-planejamento que orienta o sistema pelas previsões de mercado (para os atuais e futuros produtos finais) para disparo dos processos internamente ao SOMA. Esta concepção tem a vantagem de aproveitar as características positivas de ambos os modelos de gerenciamento e foi testada em Manufatura Distribuída por Timmermans (1993b).

O processo se inicia quando uma UNM recebe uma consulta para fabricação de determinado produto, acompanhada das especificações e desenhos detalhados (feita por cliente do SOMA). Acompanha também o valor do Prêmio desejado ( $P_d$ ), ou seja, o prêmio que o contratante (que pode ser outra UNM) está disposto a pagar. A UNM então desdobra a consulta nas respectivas especificações e prêmios dos seus vários componentes. Considera-se que os dados para desdobramento já são conhecidos *a priori*:

- ◆ árvore do desdobramento de:
  - ◊ partes e materiais (BOM- *Bill Of Materials*);
  - ◊ serviços associados ao produto;
- ◆ especificações das partes, materiais e serviços;
- ◆ planos de processo;
- ◆ quantidade prevista por lote a ser entregue (média e desvio-padrão);
- ◆ número de lotes previstos no contrato.

Supõe-se também que as UNs parceiras participam do processo de desenvolvimento dos produtos e já têm levantados, desde então, os valores de premiação básicos com os quais esperam operar. Após consultar o quadro das UNPs e UNSs capazes de fornecer cada uma das partes, ela

envia chamadas de proposta para estas incluindo as especificações, planos de processo, prazo para resposta e  $P_d$  que ela está disposta a pagar por cada um (calculado através de uma função-objetivo desejada,  $F_d$ ).

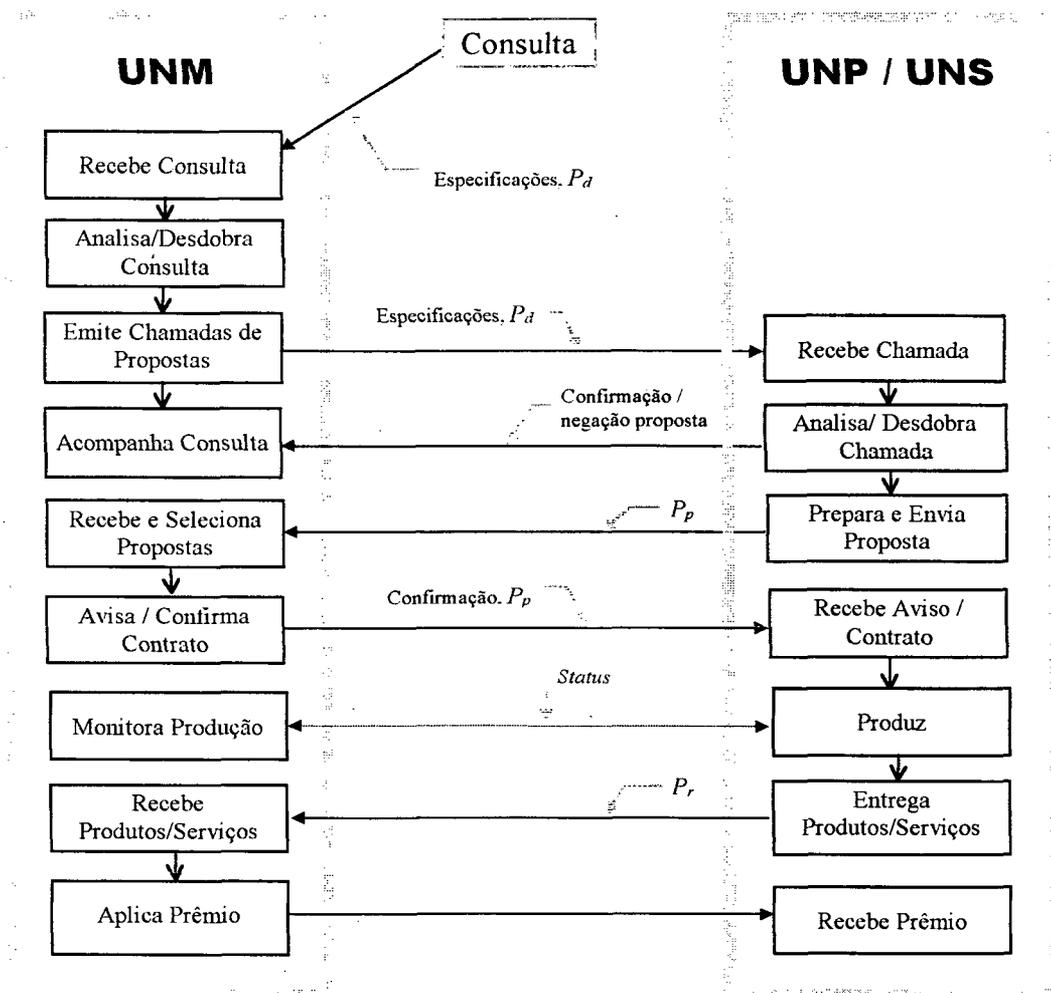


Figura 4.8 - A Lógica de Negociação.

As chamadas são concomitantemente colocadas em um “quadro de avisos” (uma base de dados) acessível a todas as UNs. Aquelas que se declaram ociosas (e como tal são listadas em um quadro específico) recebem automaticamente aviso da existência de chamada nova de proposta, podendo também cotar caso tenham condições para tal (formando parcerias com outras UNs, se for necessária alguma tarefa complementar que não dominam). Elas devem emitir um aviso à UNM do seu interesse para terem acesso aos detalhes da chamada de proposta e se incluírem na relação dos convidados a cotar. Esta possibilidade é importante para abrir o leque de opções,

viabilizar alternativas para UNs ociosas, além de servir como recurso de *benchmarking ad-hoc* (sem necessidade de se criar burocracias ou mecanismos formais para tal).

UNPs e UNSs analisam as chamadas e preparam suas propostas, cujo processo de tomada de decisão segue os elementos básicos da figura 4.9. Alternativamente, podem declinar de cotar se se sentirem sobrecarregadas (através de uma resposta formal nesse sentido). O ciclo de negociação se repete a partir das UNs candidatas, já que elas precisam cotar, com seus fornecedores (em princípio, outras UNs), os serviços e materiais necessários para a montagem da proposta. Esse processo é, em geral, simplificado, na medida em que as UNs são especializadas em competências específicas e já possuem bom domínio das condições do seu mercado de fornecimento. Cotações com fornecedores externos ocorrem como exceção no conjunto, para itens específicos (matéria-prima, por exemplo), ou em situação onde a UN julga válido buscar novas alternativas de suprimento (uma situação típica seria a de avaliar a competitividade dos seus fornecedores tradicionais). As UNMs encerram o processo de chamada após receber as respostas de todas as UNs ou se cumprir o prazo estipulado. Fica a critério da UNM verificar se alguma UN consultada não respondeu e cobrar resposta, se julgar válido.

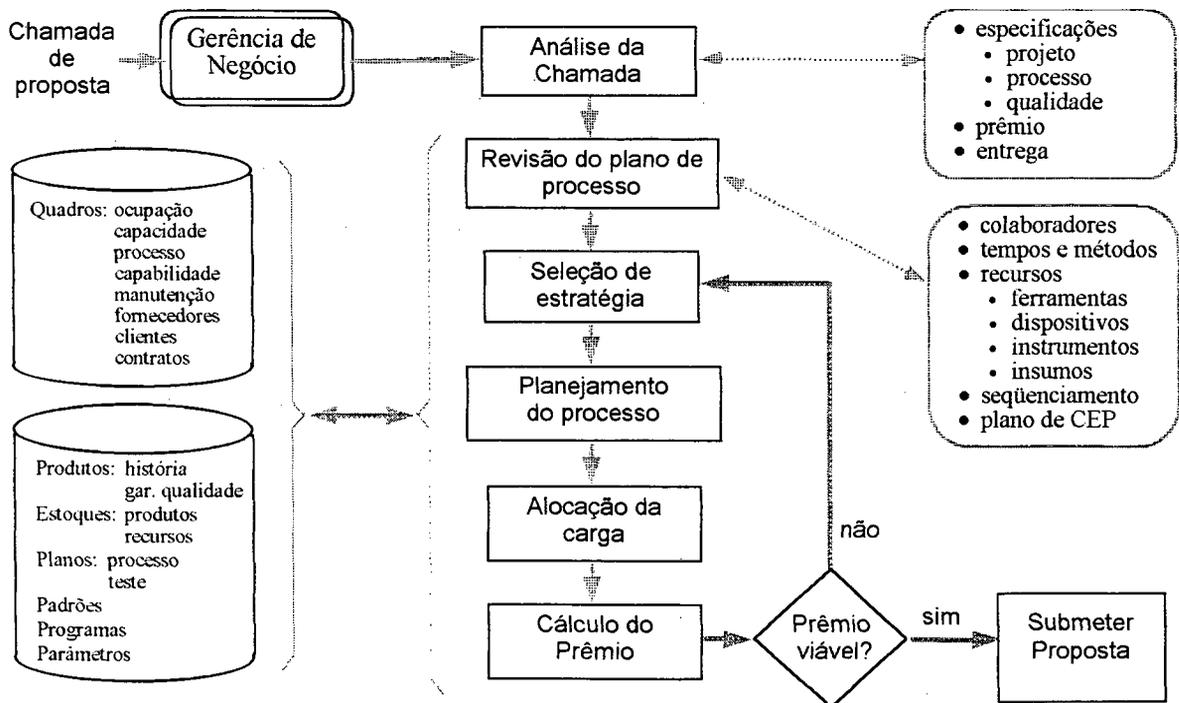


Figura 4.9 - Elementos básicos do processo de tomada de decisão para elaboração de propostas.

A resposta afirmativa é feita através dos Prêmios Propostos de cada proponente ( $P_p$ ), que alteram  $P_d$  em função das suas capacidade, capabilidade e custos. A seleção da proposta vencedora se dá pela avaliação dos  $P_p$ . Ganha a que apresentar maior  $P_p$ . Em caso de eventual empate, a UNM avalia e escolhe o proponente de acordo com um critério heurístico que será explicado mais adiante. O  $P_p$  ganhador passa então a ser a referência contratual para preço, entrega e qualidade.

A confirmação é feita à UN vencedora e às demais UNs proponentes, que também têm ciência do  $P_p$  vencedor através de um quadro das propostas que permanece acessível para avaliação (e para uso como *benchmarking* interno).

Outro aspecto importante é o tratamento dado para evitar situações de potencial descontrole (caos). Como já foi dito, essa situação de conflito se torna explosiva em sistemas distribuídos, uma vez que a competição pelos recursos tende a agravar exponencialmente a situação. No SOMA, isso ocorreria na hipótese de várias propostas se superporem (a mesma capacidade for alocada para várias tarefas candidatas) e, em seguida, as confirmações extrapolarem a capacidade do sistema (confirmação de contratos acima da capacidade), gerando um conflito de difícil solução. O SOMA adota um critério simples, que é uma característica do modelo: novas chamadas de proposta ocorrem apenas após encerrado o processo da chamada corrente. Esse detalhe visa assegurar à UNM estabelecer um critério mínimo e suficiente de prioridade (já que só ela enxerga o conjunto do produto sob sua responsabilidade). Dessa forma, só é reservado, pelas UNPs e UNSs, espaço de produção para a proposta corrente. Encerrado o processo de negociação, o espaço é definitivamente bloqueado (se a UN ganhar o contrato) ou liberado para novas chamadas (se não ganhar o contrato).

Confirmado o contrato, o processo se desdobra, agora a partir da UNP (ou UNS), visando a subcontratação de serviços ou aquisição de materiais. A produção é acompanhada pela UNM através de relatórios periódicos emitidos pela UNP (principalmente no caso de ocorrência de excepcionalidades). A UNM, por sua vez, informa, sempre que ocorrer alterações na programação, as mudanças previstas nas quantidades de itens dos lotes ou de cronogramas de entrega. A cada entrega, a UNP (ou UNS) emite um relatório para efeito de controle da qualidade e de rastreabilidade do lote. Acompanha também o Prêmio Realizado ( $P_r$ ), ou seja, o prêmio que corrige  $P_p$  em relação aos desvios ocorridos em qualidade ou entrega (o custo contratado é imutável).

A UNM mantém um quadro de desempenho das UNs no qual destaca os prêmios contratados ( $\Sigma P_p$ ) e realizados ( $\Sigma P_r$ ) de cada UN, além da diferença acumulada ( $\Sigma P_r - \Sigma P_p$ ), visando a avaliação de desempenho do sistema. Alguns aspectos do critério de premiação se destacam por servirem de base para o método desenvolvido pelo SOMA:

- ◆ o cálculo é baseado em métodos simples de contabilidade de custos e em índices de desempenho convertidos a uma única “moeda” para permitir uniformização (estes aspectos são descritos no capítulo 5);
- ◆ o método se estende por igual a todas as UNs, podendo mudar ênfases de acordo com a conveniência (interessa, por exemplo, que uma UN de manutenção apresente bons indicadores de atendimento e efetividade, e o prêmio deve contemplar isto);
- ◆ ele sintetiza um conjunto de indicadores de interesse da empresa: se, por exemplo, são identificados problemas de disponibilidade de máquinas por problemas mecânicos, pode-se elevar o nível de prioridade nesse aspecto específico;
- ◆ ele serve para avaliar a situação das unidades: contratação freqüente de UNs alternativas pode identificar problemas de sobrecarga ou gargalos, da mesma forma que índices baixos de realização de prêmios orientam no sentido de ações corretivas para sanear problemas de qualidade ou de entrega, inclusive prevendo cancelamento de contratos.

#### 4.7 A Função Objetivo

Todo o processo de negociação ocorre em torno da Função Objetivo  $F$ , que é resultante das seus componentes de Qualidade ( $Q$ ), preço ( $C$ ) e Tempo ( $T$ ) e tem o seguinte formato:

$$F(Q, C, T) = P_Q + P_C + P_T \quad 4.1$$

$F(Q, C, T)$  assume atributos próprios em cada fase, sempre mantendo sua estrutura básica:

- ◆ desejado (na chamada de proposta);
- ◆ proposto;
- ◆ realizado (no cumprimento do contrato).

O objetivo de  $F_{d.p.r}$  é definir os Prêmios  $P_{d.p.r}$ , ou seja, os prêmios desejado, proposto ou realizado a aplicar, de forma a maximizar  $Q$ , minimizar  $C$  e otimizar  $T$ :

$$F_{d.p.r}(Q, C, T) = P_{d.p.r}(Q, C, T) = [\text{máx. } (Q) + \text{min. } (C) + \text{ótimo } (T)] \quad 4.2$$

Isto é conseguido através da construção de uma equação genérica para o Prêmio que tem a seguinte estrutura:

$$P_{d,p,r} = P_{(d,p,r)Q} + P_{(d,p,r)C} + P_{(d,p,r)T} = K_e (K_Q \cdot Q_{d,p,r} + K_C \cdot C_{d,p,r} + K_T \cdot T_{d,p,r}) \quad 4.3$$

Os fatores de prioridade  $K_{(e, Q, C, T)}$  definem, pela sensibilidade das curvas características, a importância atribuída a cada componente da equação e ao conjunto. Assim é que, por exemplo, produtos de maior responsabilidade técnica carregam mais no peso  $K_Q$ . De forma similar, produtos críticos no que se refere a custo ou prazo de entrega carregarão mais nos respectivos pesos. Se, por exemplo, prazo de entrega é problemático,  $K_T$  é amplificado na razão da necessidade. Em outra situação, se o sistema não se interessa por novos contratos (UNs não respondem à chamada de proposta), denuncia-se de imediato as restrições (já se opera no limite da capacidade).  $K_C$  pode, então, ser utilizado para valorizar o prêmio a um nível que compense as perdas que ocorreriam pelos atrasos decorrentes na entrega de produtos menos prioritários (e que, naturalmente, pagam prêmios inferiores). A importância estratégica do produto é representada pelo fator  $K_e$ . Os valores de  $K_{(e, Q, C, T)}$  estão previstos para oscilar entre 1 e 2, com incrementos de 0,1. Para facilitar a sua adoção, estabelece-se uma correspondência com uma escala 1-10 para entrada dos dados (x), na qual  $K_{(e, Q, C, T)} = x/9 + 0,89$ .

Entende-se que esta abordagem por fatores de prioridade contém três limitações principais:

- ◆ assumir relação linear entre o componente da equação e o valor necessitado pelo tomador de decisão;
- ◆ não captura as soluções de compromisso e interações entre os componentes da equação;
- ◆ não ocorre alinhamento coordenado entre demanda e capacidade (itens que vão sendo postergados podem vir a permanecer indefinidamente na linha de produção).

Contudo, resultados muito bons têm sido conseguidos pelos ajustes sucessivos advindos da experiência do tomador de decisão (Thurston & Essington, 1993). No caso de itens postergados, cabe à UNM alterar os critérios de prioridade de acordo com suas novas necessidades, visando recolocar estes itens em produção (se, afinal, itens podem ser indefinidamente postergados, há de se questionar sua necessidade). Há de se ressaltar ainda a sua simplicidade e facilidade de entendimento por parte de quem vai fazer uso do método. As desvantagens, assim, não são representativas e, de certa forma, até justificam a sua adoção.

O processo de negociação ocorre em três fases:

1. As chamadas de proposta definem previamente os valores desejados para  $C$ ,  $Q$  e  $T$ . O resultado é o valor do Prêmio desejado ( $P_d$ ) para a negociação específica:

$$P_d = K_e (K_Q \cdot Q_d + K_C \cdot C_d + K_T \cdot T_d) \quad 4.3a$$

2. Cabe às UNs pretendentes montar as suas propostas visando responder com um Prêmio proposto ( $P_p$ ) que melhor atenda aos objetivos de avaliação balizados por  $P_d$ . Novamente,  $P_p$  é resultado da soma das três parcelas componentes:

$$P_p = K_e (K_Q \cdot Q_p + K_C \cdot C_p + K_T \cdot T_p) \quad 4.3b$$

3. A entrega dos produtos, através dos respectivos lotes, repete, basicamente, o mesmo procedimento de cálculo:

$$P_r = K_e (K_Q \cdot Q_r + K_C \cdot C_p + K_T \cdot T_r) \quad 4.3c$$

O relatório de entrega contém o valor do Prêmio realizado ( $P_r$ ) no qual são atualizados os valores de  $Q$  e  $T$  para refletir o valor da qualidade e prazo de entrega alcançados pelo lote. Observe-se que  $C$  permanece constante ao longo do contrato, já que, do ponto de vista das relações entre UNs, alterações no componente do preço proposto  $C_p$  são sempre motivo de renegociação. Estas ocorrem apenas em caso de excepcionalidades ou de redefinição de prioridades, e geram novo ciclo de chamada de propostas. A seguir são detalhadas cada um dos componentes da equação genérica 4.3.

#### 4.7.1 O Componente Qualidade

Objetiva-se uma função com as características da curva mostrada na figura 4.10, de forma a assegurar uma diferenciação efetiva pela qualidade. A parcela do prêmio atribuída à qualidade ( $P_Q = K_Q \cdot Q_p$ ) está associada à capacidade da UN. Portanto, cada UNP deve saber, *a priori*, as suas incertezas de fabricação, já que é pela comparação entre essas incertezas e as demandadas pelo projeto do produto (e, conseqüentemente, pelo contrato) que se computa o componente Q. Da mesma forma, cada UNS deve conhecer seus limites de competência que serão confrontados com as especificações definidas por ocasião da negociação. Para efeito de racionalização e equalização dos componentes da equação 4.3, assume-se, para  $K_Q$  e  $P_Q$ :

$$K_Q = \frac{l}{9} + 0,9 \quad , \quad 1 < l < 10 \quad e$$

$$P_{(d, p, r)Q} = 100K_Q \left( \sum \frac{G_i \cdot A_i(d, p, r)}{P_{dQ}} \right) \quad 4.4$$

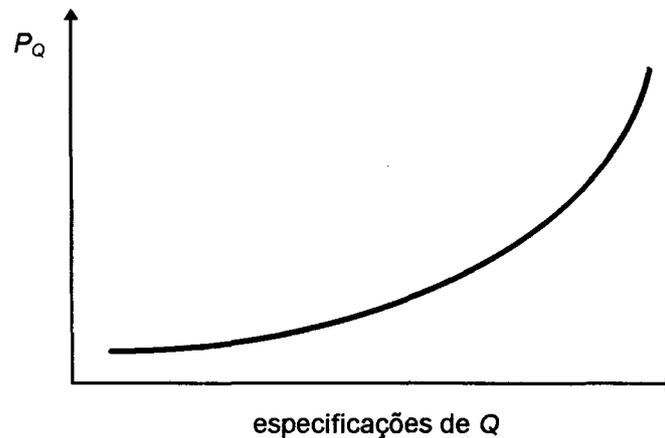


Figura 4.10 - Curva característica do componente  $Q$ .

Os valores desejados, propostos ou realizados para a qualidade variarão, dessa forma, de UN para UN de acordo com as suas capacidades e com as especificações de cada objeto contratado. A tabela 4.1 apresenta, incluindo exemplos para UNP e UNS, o mecanismo da estruturação do componente  $Q$ . O nível da qualidade exigida  $G$  define a importância atribuída no projeto a cada especificação da qualidade em uma escala 0 - 100. Este método pressupõe projetos de produto devidamente detalhados quanto às especificações da qualidade, em consonância com os princípios do TQC (a sua ferramenta QFD é bastante útil para este detalhamento). Os valores absolutos de  $G$  são distribuídos entre 3 categorias, de acordo com o seu grau de restrição (tabela 4.2a) e são avaliados segundo a capacidade dos proponentes de atendê-los (pesos da qualidade proposta  $A_p$ , tabela 4.2b). Observar que o peso da qualidade desejada é sempre  $A_d = 27$ . O significado, para os proponentes, deste cruzamento entre os dados das tabelas deve ser entendido da seguinte forma:

- ◆ uma proposta só será avaliada caso ele consiga atender totalmente ou em grande parte ( $A_p = 9$  ou  $A_p = 27$ ) a qualquer uma das especificações da qualidade consideradas impeditivas ( $G > 70$ );
- ◆ não conseguindo atender a qualquer das especificações enquadradas como restritiva (caso em que  $40 < G < 71$ ), só terá sua proposta avaliada se todos os demais proponentes também estiverem em situação semelhante;

- ♦ especificações consideradas livres ( $G < 41$ ) não impõem óbices à cotação.

Tabela 4.1 - Configuração do componente Qualidade (com exemplos para UNP e UNS).

Item	UNP Especificações de Q	Nível da Q (G)		Proposto		Realizado	
		Absoluto	Rel. (%)	$A_p$	$G.A_p$	$A_r$	$G.A_r$
1	tolerância: dimensão a	75	17,0	27	2025	27	2025
2	dimensão b	85	19,3	27	2295	9	765
3	dimensão c	90	20,4	27	2430	27	2430
4	tolerância forma: concentricidade	67	15,2	9	603	9	603
5	planeza n	32	7,3	27	864	27	864
6	riscos na superfície AA	27	6,1	9	243	9	243
7	proteção anti-corrosiva: espessura	45	10,2	3	135	3	135
8	acabamento	20	4,5	3	60	3	60
<b>Total (<math>\Sigma G_i</math>):</b>		<b>441</b>	<b>100 %</b>	$\Sigma G_i.A_{pi}$	<b>8655</b>	$\Sigma G_i.A_{ri}$	<b>7125</b>
		$P_{aQ} = 27 \Sigma G_i =$			$P_{pQ} =$		ou, $P_{rQ}$
		<b>11.907</b>			<b>8655</b>		<b>7125</b>
Item	UNS Especificações de Q	Nível da Q (G)		Proposto		Realizado	
		Absoluto	Rel. (%)	$A_p$	$G.A_p$	$A_r$	$G.A_r$
1	equipe: experiência	82	15,2	27	2214	27	2214
2	treinamento	55	10,2	9	495	9	495
3	peças de reposição	91	16,9	27	2457	9	819
4	ferramental	77	14,3	27	2079	27	2079
5	instrumentos de teste	60	11,2	9	540	9	540
6	dispositivos	45	8,4	27	1215	9	405
7	equipamentos de transporte	28	5,2	9	252	9	252
8	sistemas: análise e diagnóstico	35	6,5	9	315	27	945
9	análise de	39	7,3	3	117	3	117
10	controle preditivo	26	4,8	0	0	0	0
<b>Total (<math>\Sigma G_i</math>):</b>		<b>538</b>	<b>100 %</b>	$\Sigma G_i.A_p$	<b>9684</b>	$\Sigma G_i.A_{ri}$	<b>7866</b>
		$P_{aQ} = 27 \Sigma G_i =$			$P_{pQ} =$		$P_{rQ} =$
		<b>14.526</b>			<b>9684</b>		<b>7866</b>

A montagem da proposta parte da avaliação de como as capacidades da UN (por requisitos do CEP) atendem às exigências de projeto, de acordo os pesos  $A_p$  da tabela 4.2 (definidos em função dos índices  $Cpk$  atingíveis pelos processos). Em seguida, calcula-se o produto  $G_i.A_{pi}$  de cada especificação da qualidade  $i$ , seguido do total alcançado, que definirá o valor de Prêmio proposto para a Qualidade ( $P_{pQ}$ ):

$$P_{pQ} = 100K_Q \left( \sum \frac{G_i.A_{ip}}{P_{aQ}} \right) \quad 4.4a$$

Tabela 4.2 - Níveis da qualidade exigida  $G$  e valores de capacidade  $A$  aplicados a  $Q_{p,r}$ :

a) Nível exigido da qualidade, $G$	
$G$	Importância
71-100	Impeditiva
41-70	Restritiva
0-40	Livre

b) Pesos de Capacidade, $A_{p,r}$		
Grau de atendimento	$Cpk$	$A_p, A_r$
Total	$Cpk \geq 1,33$	27
Grande Parte	$1,33 > Cpk \geq 1,00$	9
Parcial	$1,00 > Cpk \geq 0,67$	3
Não atende	$Cpk \leq 0,67$	0

Quando da entrega de cada lote, a UNP ou UNS contratada preenche o campo “realizado” com os elementos realizados da qualidade  $A_r$  (também a partir da tabela 4.2) e os entrega à UNM como parte do relatório de entrega dos produtos. O componente  $P_{rQ}$  do Prêmio realizado é calculado segundo o mesmo formato da equação 4 (tendo como referência, agora,  $P_{pQ}$ ):

$$P_{rQ} = 100K_Q \left( \sum \frac{G_i \cdot A_{ir}}{P_{pQ}} \right) \quad 4.4b$$

Além de comunicar  $P_{rQ}$ , o relatório tem dupla função:

- ◆ documento de controle para efeito de rastreabilidade de produto (complementado por cartas de CEP ou relatórios de controle da qualidade detalhados, quando necessário);
- ◆ documento base para aplicação dos prêmios relativos ao componente  $P_{pQ}$ .

No exemplo ilustrado na tabela 4.1, a UNP apropriará um prêmio inferior ao previsto devido a problemas de atendimento aos requisitos de qualidade previstos na tolerância da dimensão b.

#### 4.7.2 O Componente Preço

O componente Preço  $C$  é pré-definida na fase de projeto e estabelece um valor objetivo que, se alcançado, garantirá condições de competitividade ao produto final. Quando da elaboração da proposta, as UNs proponentes tentarão atingir ou até melhorar os preços ofertados. A equação genérica para o componente preço do Prêmio,  $P_C$ , assume a seguinte forma:

$$P_C = K_C \cdot C = K_C \cdot (C_d - C_p) / C_p \quad 4.5$$

onde  $C_d$  corresponde ao valor desejado para  $C$  na chamada de proposta (o preço que a UNM espera pagar pelo produto) e  $C_p$ , ao preço proposto por cada UN proponente ( $C_p > 0$ ). A análise da equação 4.5 acima permite observar um comportamento da curva como na figura 4.11, ou seja, uma valorização da proposta de menor custo, com sensibilidade da curva regulada por  $K_C$ , como pretendido na função 4.2. Uma curiosidade: se  $C_p$  for muito menor do que  $C_d$ , gerará um valor de  $P_C$  expressivo a ponto de sugerir uma revisão nos valores de  $C_d$ .

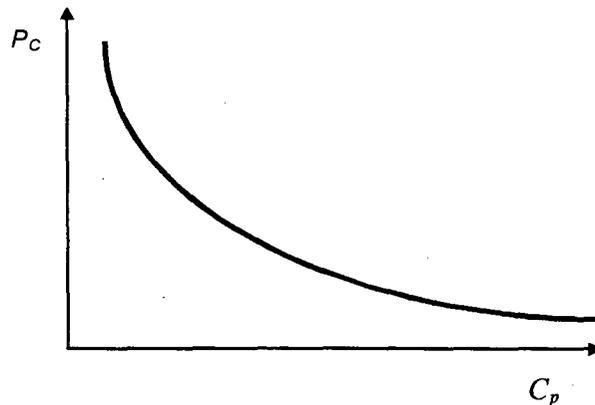


Figura 4.11- Curva característica do componente C.

Visando a racionalização e equalização dos componentes, a equação 4.5 adquire o seguinte formato:

$$P_C = K_C \cdot [100 + 100(C_d - C_p)/C_p] \quad 4.6$$

na qual  $C_p$  é calculado a partir das especificações fornecidas junto com a chamada de proposta. Cada UN tem levantado o seu custo unitário de produção ( $C_{proc}/h$ ) e o cálculo do componente  $C_p$  é feito a partir deste custo unitário por meio de uma planilha padronizada para cada tipo de UN. No caso de uma UNP de usinagem, por exemplo, teria como entrada: plano de processo com operações a executar, volume de material a remover ( $v_{rem}$ ) por operação e por especificação de capacidade (tabela 4.1). O método seguiria a seguinte lógica para construção da planilha de cálculo do custo de usinagem:

O tempo de usinagem total ( $t_{us}$ ) é obtido por:

$$t_{us} = \sum t_{op} \quad 4.7$$

A partir de:

$$t_{op} = v_{rem} / c_{rem} \quad 4.8$$

onde  $t_{op}$  corresponde ao tempo de operação e  $c_{rem}$  à capacidade de remoção de material, em  $m^3/h$ . Além disso é preciso computar os tempos de preparação ( $t_{prep}$ ) e de troca de ferramentas ( $t_{tf}$ ):

$$t_{prep} = \sum . t_{iprep} \quad e \quad t_{tf} = \sum t_{itf} \quad 4.9$$

onde  $t_{iprep}$  é o tempo de preparação de cada operação individual, levando em consideração o ajuste anterior das máquinas (feito a partir de uma matriz Produto x  $t_{iprep}$  que a UN constrói pela experiência e usada por analogia) e  $t_{itf}$  é o tempo de troca de cada ferramenta. O tempo de processamento ( $t_{proc}$ ) é obtido pela soma das equações acima acrescido dos tempos complementares ( $t_{cpt}$ ) devidos a operações secundárias, esperas e também a fatores de eficiência operacional antevistos ou conhecidos. Ou seja:

$$t_{proc} = t_{us} + t_{pr} + t_{tf} + t_{cpt} \quad 4.10$$

O custo de produção será, então:

$$C_p = t_{proc} \cdot c_{proc}/h + c_{ad} \quad 4.11$$

onde  $c_{proc}$  refere-se ao custo de processamento e  $c_{ad}$ , aos custos adicionais previstos relativos a movimentação, limpeza, rebarbação, embalagem, subcontratação, etc.  $C_p$  poderia ser mais detalhado considerando o cálculo em separado do custo das ferramentas ( $c_{fer}$ ) e dispositivos ( $c_{disp}$ ) nos casos em que se justifique. Nesse caso, se somariam a  $C_p$ :

$$c_{fer} = \sum [(c_{ifer} / t_{ifer}) t_{ius}] \quad e \quad c_{disp} = \sum [(c_{idisp} / t_{idisp}) t_{ius}] \quad 4.12$$

Nos casos onde o desgaste dos dispositivos for desprezível em relação ao período desejado para depreciação (por exemplo, quando a chamada de proposta garante contrato para apenas alguns poucos lotes e a ferramenta tem vida bem maior do que a demandada por eles), o cálculo seria feito da seguinte forma:

$$c_{disp} = \sum (c_{disp/h} \cdot t_{ius}) \quad 4.13$$

onde  $c_{disp/h}$  representa o valor de depreciação/hora do dispositivo (ou ferramenta, já que o raciocínio é análogo). O Prêmio proposto para o componente  $C$  é então calculado a partir da equação 4.6:

$$P_{pC} = K_C \cdot [100 + 100(C_d - C_p)/C_p] \quad 4.6a$$

Situação especial ocorre quando a UN ajuda no desenvolvimento de produto (que, no seu sentido amplo, inclui as horas dedicadas pela equipe no esforço de engenharia para criação ou melhoria de um produto físico, suas partes, ou mesmo serviço). Nesse caso, a UN passa a ter direito a resgatar o valor da “poupança”  $C_{poup}$  gerada na ocasião. A equação 4.6 assume, nesse caso, a seguinte forma:

$$P_{pC} = K_C \left\{ 100 + 100 \left[ \frac{C_d - (C_p - C_{poup})}{C_p - C_{poup}} \right] \right\} \quad 4.6b$$

Relembrando,  $P_{rC}$  permanece constante e igual a  $P_{pC}$  no caso da adjudicação do contrato.

### 4.7.3 O Componente Prazo de Entrega

O último componente da função objetivo busca otimizar os prazos de entrega (dentro do conceito de JIT, ou seja, exatamente no prazo acordado). Esta abordagem difere dos modelos convencionais de programação da produção, que perseguem o menor prazo de entrega possível. A idéia é que as propostas tentem atender o prazo pretendido na chamada de proposta com o menor desvio possível. Opera-se com prazos objetivos ajustados à necessidade da produção. A curva característica que representa o componente prazo de entrega  $T$  do Prêmio pago  $P_T$  é ilustrada na figura 4.12. Esta situação é conseguida fazendo-se:

$$P_T = K_T \cdot T = K_T \cdot (T_{de})^2 \quad \text{e} \quad T_{de} = T_d - T_p \quad 4.14$$

$T_{de}$  corresponde ao tempo de desvio entre a entrega prevista (proposta)  $T_p$  e a desejada  $T_d$  pela chamada de proposta. O prazo de entrega proposto  $T_p$  é obtido por:

$$T_p = T_{in} + T_{proc} + T_{ad} \quad 4.15$$

onde  $T_{ad}$  é período demandado por atividades adicionais que impactam no prazo de entrega (subcontratações, inspeções, transporte, etc.).  $T_{in}$  é o tempo de início de produção do lote, definido de acordo com a escala de produção da UN. A depender da complexidade do *mix* de

produtos da UN, o crítico, aqui, é encontrar uma janela de capacidade para encaixar o novo objeto de proposta, eventualmente até realocando prazos dos produtos já existentes (e perdendo em prêmios por isso) se compensar. Essa possibilidade, apesar de ser prevista no modelo, deve ser exercida apenas em situações emergenciais e transitórias.

Finalmente, o componente para prazo de entrega  $P_{pT}$  do Prêmio proposto, já racionalizado e equalizado, é dada por:

$$P_{pT} = 100 - 100K_T \left( \frac{T_{de}}{T_p} \right)^2 \quad 4.16$$

O cálculo do Prêmio realizado para o prazo de entrega  $P_{rT}$  é calculado forma similar à equação 4.16 a partir da entrega efetiva ( $T_{er}$ ), dada por:

$$T_{der} = T_p - T_{er} \quad e \quad 4.14a$$

$$P_{rT} = 100 - 100K_T \left( \frac{T_{der}}{T_p} \right)^2 \quad 4.16a$$

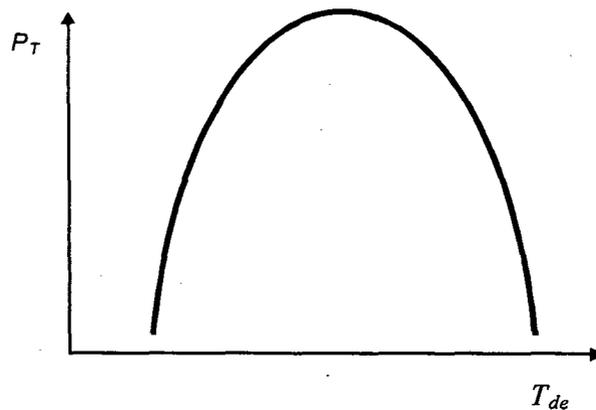


Figura 4.12- Curva característica do componente  $T$ .

#### 4.8 Avaliação e Confirmação das Propostas

Uma listagem das propostas é montada para análise e posterior divulgação. Ganha a proposta que oferecer o maior  $P_p$ . Assume-se como implícito que a maior pontuação corresponde à proposta que mais se aproxima dos objetivos estabelecidos pela chamada de proposta. Considera-se desprezível a possibilidade de uma UN que tenha cotado muito aquém dos valores

desejados alguma especificação prioritária de  $Q$ ,  $C$  ou  $T$  (com alto valor de  $K$ , portanto) e ainda assim consiga se sair com melhor resultado global para  $P_p$  do que outras UNs.

Havendo empate, o que é estatisticamente possível nos sistemas compostos por várias UNs similares, o processo segue um algoritmo heurístico de desempate em que ganha a UN que primeiro atender a seguinte ordem decrescente de prioridade:

- ◆ atender totalmente os itens impeditivos da tabela 4.1 (com o valor 27 da tabela 4.2);
- ◆ entregar mais próximo do prazo ótimo;
- ◆ estiver melhor posicionada no quadro de desempenho (avalia-se os resultados de  $P_p + p$ , onde  $p$  corresponde ao índice de desempenho de cada UN, conforme método a ser discutido no capítulo 5);

A confirmação é feita através da divulgação da UN ganhadora para todas as que cotaram (na qual é replicado o valor de  $P_p$ ). O objetivo desse processo é, como já foi dito, o de permitir o *benchmarking* imediato por cada uma das UNs.

#### 4.9 Premiação

Baseia-se na verificação dos desvios ocorridos durante a produção em relação ao contratado, gerando o prêmio realizado  $P_r$ , que corrige  $P_p$  em seus componentes considerando:

- $C_p$  constante, uma vez que o valor contratado só deve ser revisto mediante renegociação;
- $Q_r$  como resultado da aplicação dos pesos realizados  $A_{ir}$  de cada especificação da qualidade (tabela 4.1), que acompanha os lotes entregues;
- $T_r$  calculado a partir dos desvios dos prazos de entrega realizados pelos lotes em relação ao contratado (que, por sua vez, é igual ao proposto).

O resultado final é o valor de  $P_r$  a ser lançado no quadro de desempenho das UNs. Um indicador de desempenho relativo  $V_r$  serve de base para o mecanismo de avaliação de desempenho do sistema e será motivo de maior detalhamento no próximo capítulo.

## 5 Custo e Desempenho no SOMA

Como o SOMA se orienta por mecanismos de negociação, as transações são regidas por regras que acabam baseadas, em última instância, no valor monetário. Os custos compõem, junto com a qualidade e o prazo de entrega, as bases do tripé do modelo de negociação e também, por consequência, do mecanismo de avaliação de desempenho.

A UN, como unidade autônoma de negócio, pode se observada a partir das suas entradas e saídas elementares, como ilustrado na figura 5.1. UNs se relacionam sob a forma de prestação de serviços. A receita de uma corresponde a custo de outras, até se chegar à UN que é responsável pelo produto final e que interfaceia com o meio ambiente. A figura 5.2 ilustra diversas possibilidades de relação “comercial” entre UNs, e destas com o meio ambiente (mercado).

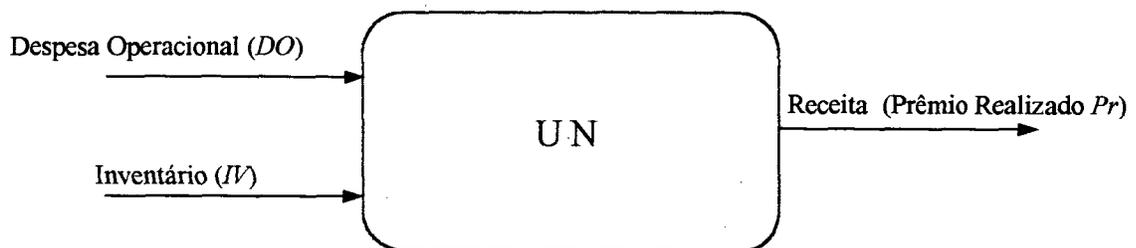


Figura 5.1 - Entradas e saídas elementares de uma UN.

Assumindo-se a metodologia de análise de desempenho adotada pela TOC (Goldratt, 1996), entende-se por inventário (*IV*) todo o investimento feito para fabricar o produto, o que inclui matéria-prima e componentes utilizados nele. Despesa operacional (*DO*) corresponde aos custos gerados para transformar inventário em receita, e inclui: salários e encargos, materiais de consumo, serviços comprados, refugos, desenvolvimento de produto, depreciação de equipamentos e instalações, despesas diversas, etc. A receita, internamente ao SOMA, corresponde ao Prêmio realizado *Pr*. A partir das entradas e saídas, pode-se estabelecer indicadores básicos de desempenho:

- a) Resultado (*LC*):  $LC = Pr - DO$
- b) Retorno sobre investimento (*RSI*):  $RSI = (Pr - DO) / IV$
- c) Produtividade (*PRD*):  $PRD = Pr / DO$
- d) Giro do Inventário (*GIV*):  $GIV = Pr / IV$

O resultado, em uma empresa qualquer, corresponderia ao lucro. No SOMA, este só aparece quando a receita sai de suas fronteiras. Internamente, o lucro não é componente do

cálculo de  $Pr$  e, conseqüentemente, não existe como parâmetro para avaliação de desempenho. Evita-se, dessa forma, distorções nas relações entre UNs, principalmente devidas a posicionamentos egoístas que passariam a existir como fruto da busca da otimização (pelo lucro) apenas das partes. É mais fácil entender o raciocínio a partir do caso das UNs: o somatório dos lucros nas atividades de apoio certamente levariam a distorcer o resultado final da produção. Distorce também seus objetivos: atividades de apoio devem perseguir ser minimizadas e não, ao contrário, valorizadas (exemplo: manutenção deve dar lucro? Ou deveria, idealmente, buscar não ser necessária?). O mesmo raciocínio vale para as demais UNs quando se relacionam internamente no SOMA: os objetivos de desempenho são a otimização das atividades dos clientes de cada unidade.

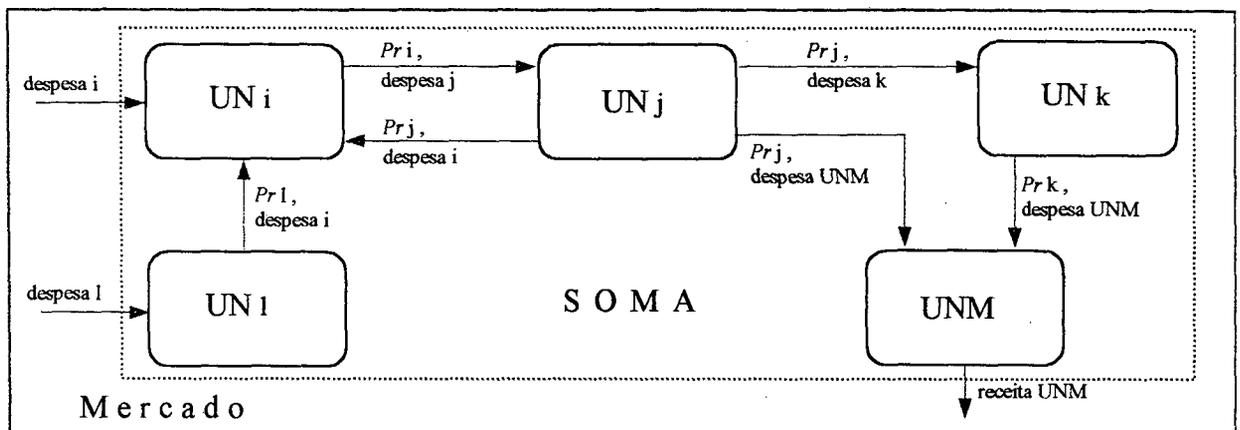


Figura 5.2 - Ilustração dos fluxos econômicos entre UNs de um SOMA.

Isto posto, fica claro que estes indicadores só fazem sentido para avaliar o desempenho global do SOMA em relação ao seu meio ambiente. Apesar dos indicadores poderem ser utilizados indiscriminadamente, a idéia é, visando não confundir demais as análises, se combinar dois deles para acompanhamento do desempenho como, por exemplo,  $LC$  e  $PRD$ . Nos casos em que a administração dos estoques é crítica, faz mais sentido a combinação  $RSI$  e  $GIV$ .

Volta-se à questão dos custos: enquanto  $Pr$  e  $IV$  são de levantamentos relativamente simples,  $DO$  exige uma atenção maior, a fim de se obter bases custos confiáveis a partir de um elenco complexo e sempre mutante de variáveis. A seguir se discutirá os fundamentos da estrutura de custos do SOMA e, em seguida, os mecanismos de avaliação de desempenho adotados pelo sistema.

## 5.1 O Modelo de Custos do SOMA

A estrutura modular e autônoma do SOMA se presta muito bem para configurar um sistema de custo que reflita as despesas operacionais efetivas da produção, aproveitando os conceitos de agrupamento natural de custos dos sistemas celulares. O rateio dos diversos custos é mais fácil de se fazer graças à homogeneidade e modularidade do ambiente, além da relativa padronização dos produtos e serviços existente em cada UN. Também contribui a configuração do sistema pelo modelo de negociação, que tem, em cada interface, uma prestação de serviço associada, com indução direta ao custeio da atividade.

Os técnicos são obrigados a ter, nos sistemas convencionais de manufatura, experiência com custos, mesmo que de forma forçada e fragmentada. Isso decorre da necessidade deles assessorarem, mesmo que informalmente, o departamento de custos que não entende dos processos. O SOMA tira proveito dessa experiência e regulariza esta relação ao delegar a responsabilidade pelas atividades de custeio aos executores diretos.

Graças ao encapsulamento do gerenciamento ao nível das UNs, praticamente inexitem no SOMA custos indiretos globais a serem rateados (justamente aqueles que demandariam maior esforço de levantamento e que são os vilões das distorções dos sistemas de custeio). Isso diminui muito o problema da complexidade do cálculo da *DO* e favorece à adoção do sistema ABC tornando atrativo adaptá-lo para os objetivos do SOMA. Consegue-se, dessa forma, uma solução bastante efetiva e de fácil manutenção.

### 5.1.1 Distribuição dos Custos por Atividades

O cálculo do custo das atividades no SOMA é adaptado da metodologia sugerida por Brimson (1991) e envolve um processo de 5 etapas:

- a) seleção das bases de custo;
- b) rastreamento dos recursos geradores de custo;
- c) determinação e seleção das medidas de desempenho das atividades;
- d) alocação das atividades secundárias;
- e) cálculo do custo por atividade.

### a) Seleção das bases de custo do SOMA

A primeira etapa implica em determinar as bases contábeis sobre a qual o sistema se orientará. As bases de custo procuram definir o padrão de comportamento das atividades para rastrear os recursos utilizados por elas. Para definir estas bases, as empresas normalmente se apoiam em custos padrões ou planejados, pela facilidade de se dispor de dados genéricos acumulados na história da organização. A principal desvantagem dessas abordagens é que elas consideram condições predeterminadas de eficiência e volume de produção poucas vezes reproduzidos na prática do dia-a-dia das operações. As características distribuídas e autônomas do SOMA favorecem adotar o critério dos custos atuais engenheirados, ou seja, calculados a partir das necessidades atuais de cada processo, com dados atualizados dos históricos disponíveis na contabilidade. Trata-se de uma alternativa bem mais confiável, por se basear em dados reais, e com pequeno ônus para o sistema por serem relativamente poucas as informações manipuladas em cada caso.

O sistema assume horizontes de exercícios anuais para enquadramento das atividades quanto ao ciclo de vida. Separa-se, dessa forma, as atividades cujas saídas impactam no atual exercício (materiais e pessoal, por exemplo) das que são estendidas ao longo dos demais (como depreciação de ativos ou desenvolvimento de produto). Durante o cálculo de custos, as bases de cálculo são atualizadas sempre que se detecta novo nível de atividades. Projetar um custo futuro é, dessa forma, uma questão de estimar o uso das atividades e as mudanças de custo dos fatores de produção. Enquanto o método de executar uma atividade não for mudado, o padrão de comportamento dos custos permanece inalterado.

### b) Rastreamento dos recursos geradores de custo

Esta etapa rastreia os recursos envolvidos visando identificar as suas fontes de custos para poder então agrupá-los ou desdobrá-los em função do nível de agregação desejado e daí estabelecer as suas relações com as atividades. Para rastrear os recursos geradores de custo, explora-se os fatores de produção, expandindo-os nas categorias naturais de despesa, que incluem:

- ◆ materiais
- ◆ pessoal
- ◆ tecnologia
- ◆ utilidades
- ◆ instalações
- ◆ sistemas de informação
- ◆ fretes, taxas e seguros
- ◆ serviços de terceiros
- ◆ despesas gerais

Os custos de materiais incluem manipulação e controle de todo o material de uso direto na produção ou secundários, de apoio, além dos custos de rejeitos e sucatas. Pessoal é a soma dos salários e demais benefícios, encargos e retenções. Em tecnologia estão incluídos os custos de aquisição dedicados à produção (equipamentos e software), ferramental, bem como P&D. A categoria despesas gerais engloba suporte administrativo, viagens e outras despesas cujo impacto e custo de rastreamento não justificam o seu detalhamento. Serviços de terceiros reúne o conjunto de despesas “faturáveis” por outras UNs ou fornecedores.

#### c) Determinação e seleção das medidas de desempenho das atividades

Esta etapa tem por objetivo levantar os dados de desempenho das atividades (o que elas fazem e por que, tempo e recursos que demandam, eficiência) para que então se possa, de forma consistente, definir as suas unidades de medida (4ª etapa). A tabela 5.1 apresenta uma listagem com o desdobramento dos recursos geradores de custo e a sua base para rateio. Esse desdobramento já incorpora o detalhamento máximo que se pretende para efeito de avaliação de custos. As bases de rateio são estendidas às respectivas atividades associadas aos recursos. Assim é que, por exemplo, o tempo da equipe (recurso: pessoal) dedicado a atividades como de preparação de máquinas ou de elaboração de propostas é calculado à base de H.h/lote de produto.

O rateio dos custos é feito de acordo com as características de utilização dos recursos pelas atividades na UN. Por exemplo, edificações e instalações rateiam seus custos pela área ocupada pela UN (inclui seguros, aluguel, depreciação, segurança, sistemas contra incêndio, água, iluminação, etc.). Já utilidades rateia seus custos entre os equipamentos que as utilizam e na razão da demanda (energia em função da potência, ar comprimido em função da capacidade dos reservatórios, e assim por diante). O pessoal ocupado na UN é agregado em uma única conta, pelo simples fato de trabalharem em equipe e não incorporarem mão-de-obra indireta (assume-se que todos ou qualquer um podem, em princípio, executar quaisquer das atividades). O pressuposto para tal é que os níveis de ganhos da equipe são similares em magnitude.

#### d) Alocação das atividades secundárias

A separação entre atividades principais e secundárias visa alocar os custos das secundárias às primárias. As atividades principais são as que se relacionam diretamente com a missão da unidade e, por consequência, com o produto e os fatores primários de produção. Atividades secundárias são aquelas que suportam as atividades primárias.

Tabela 5.1 - Distribuição dos recursos geradores de custo e sua base de rateio.

Recurso Gerador de Custo	Desdobramento	Base de Rateio
Pessoal	salários	H.h/lote
	encargos	H.h/lote
Materiais	matéria prima	R\$/unidade
	outros materiais	R\$/lote
Tecnologia- Equipamentos	depreciação	R\$/h.máquina
	ferramentas dedicadas	R\$/h.ferramenta
	acessórios dedicados	R\$/h.dispositivo
	insumos, fluidos	R\$/kg.h
	ferramentas de produto	R\$/unidade
	dispositivos de produto	R\$/unidade
	acessórios de produto	R\$/unidade
Tecnologia- P & D	produtos	H.h (fundo invest.)
	componentes partilhados	H.h (fundo invest.)
	melhorias de processos	H.h
Utilidades	energia	R\$/kWh
	vapor, ar comprimido	R\$/kg
	água tratada	R\$/m <sup>3</sup>
	gases industriais	R\$/kg
	tratamento rejeitos	R\$/kg
	insumos	R\$/kg
	segurança	R\$/m <sup>2</sup> .lote
Instalações	iluminação	R\$/m <sup>2</sup> .lote
	água (uso geral)	R\$/m <sup>2</sup> .lote
	incêndio, etc.	R\$/m <sup>2</sup> .lote
	aluguel (depreciação)	R\$/m <sup>2</sup> .lote
Edificações	aluguel (depreciação)	R\$/m <sup>2</sup> .lote
	matéria prima	R\$/unidade
	intermediários	R\$/unidade
Estoques	produto	R\$/unidade
	sistema de manipulação	R\$/lote
	sistema de armazenamento	R\$/lote
Informações	rede local	R\$/ (nós na rede).lote
	(predial, equipamentos, etc.)	R\$/m <sup>2</sup> .lote
	taxas, impostos indiretos	R\$/ativo.lote
Seguros, Taxas, Fretes	frete	R\$/lote
	diversos	R\$/lote
Serviços de Terceiros	diversos	R\$/lote

A maioria dos recursos que comporiam os custos indiretos na contabilidade tradicional são, no caso do SOMA, identificados com atividades secundárias e são rastreados diretamente pelo pagamento da prestação do serviço correspondente por outras UNs (uma convergência natural, dos princípios do SOMA com os do sistema ABC, no qual atividades consomem recursos em favor dos produtos e serviços). Por esse princípio, contas como de refeitório ou transporte de pessoal são rateadas pelo número de pessoas da UN que usam serviço. Por outro lado, compras, contas a pagar/receber, comunicações, podem ser cobradas diretamente pelo movimento gerado

pela atividade correspondente. Lembre-se que materiais dedicados ao produto são recursos específicos alocados ao inventário da UN.

#### e) Cálculo do custo por atividade

Por último, resta fazer os cálculos dos custos por atividade a partir das intensidades de ocorrência, unidades de medida e atividades secundárias associadas. A figura 5.3 ilustra a configuração básica do modelo de custos do SOMA, ilustrado a partir do caso de uma UNP. UNMs e UNSs também possuem configurações equivalentes e simplificadas, voltadas, naturalmente, às suas características específicas. Vale observar que o cálculo dos custos para serviços segue exatamente o mesmo procedimento. Aos recursos geradores de custos estão associadas as atividades que uma UN necessita para seu funcionamento. Os custos das atividades são descarregados diretamente nos centros de atividade ao qual estão alocados (produto ou serviço, máquina ou UN como um todo).

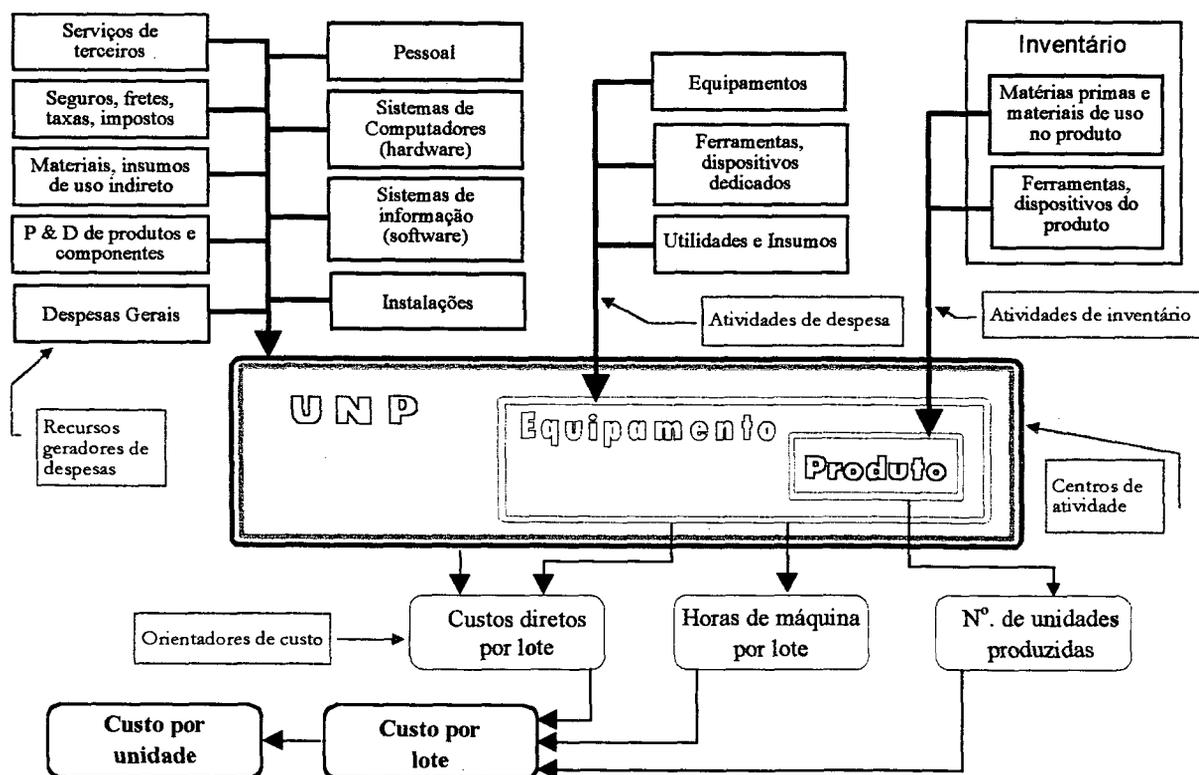


Figura 5.3 - Modelo do sistema de custos do SOMA.

Estando os custos devidamente alocados por centro de atividade, eles são então normalizados segundo os direcionadores de custo que lhes são cabíveis. Assim é que, por exemplo, o custo do uso de ferramentas dedicadas é rateado pelo número de unidades produzidas

e, o das ferramentas de uso geral, pelo tempo de uso na máquina para compor o custo por lote. Observe-se que está também incluído o inventário, cujo método de cálculo de custo segue a metodologia. Os custos que são atribuídos genericamente à UN no período também se incorporam ao custo do lote e, daí, ao custo por unidade produzida, quando necessário (na UNP, a unidade básica de transação é o lote). As atividades assumem características diferenciadas de acordo com o tipo de UN. A tabela 5.2 apresenta a relação das atividades rastreadas e sua caracterização de acordo com cada UN.

Tabela 5.2 - Relação de atividades e suas ocorrências nas UNs.

Atividade	Ocorrência			% tempo UNM - exemplo <sup>2</sup>
	UNM	UNP	UNS	
Administrar desempenho <sup>1</sup>	principal	principal	principal	5
informações	principal	secundária	secundária	3
Avaliar fornecedores	principal	principal	principal	4
concorrentes	principal	principal	principal	2
Coordenar fornecedores	principal	secundária	secundária	9
Assistir clientes e fornecedores	principal	principal	principal	3
Desenvolver produtos	principal	secundária	secundária	9
processos	secundária	principal	principal	2
Elaborar chamadas de proposta	principal	secundária	secundária	12
Acompanhar chamadas de proposta	principal	principal	principal	5
Desdobrar produtos	principal	secundária	secundária	5
Elaborar propostas	principal	principal	principal	6
Negociar e fechar contratos	principal	principal	principal	14
Adquirir (materiais, serviços) <sup>3</sup>	secundária	principal	principal	2
Processar pedidos	principal	principal	principal	-
Planejar produção	secundária	principal	principal	-
Controlar produção <sup>4</sup>	secundária	principal	principal	2
Entregar produtos	principal	principal	principal	5
Manter (equipamentos, software)	secundária	principal	principal	3
Treinar equipe	principal	principal	principal	2
Administrar UN (genérico)	secundária	secundária	secundária	3
Administrar despesas gerais	secundária	secundária	secundária	4
Total:				100 %
<p>1- Engloba capacidade, custo, prazo e qualidade, além dos prêmios e poupança das UNs.  2- Ver exemplo no Anexo I  3- Inclui serviços especializados típicos de UNS, como faturamento, cobrança, custos, marketing, auditoria, CAx, transporte, administração de estoques, assistência a pessoal, etc.  4- Inclui preparação, regulagem, calibração e programação de máquinas, <i>tryouts</i>, reconfiguração de sistema</p>				

A seleção das atividades rastreadas considera a regra de Pareto: são listados os 20% das atividades que respondem por 80% dos custos rastreáveis ao produto. As demais atividades são consideradas secundárias e são, em sua maioria, exercidas como prestação de serviço por outras

UNs (principalmente UNSs). Atividades cujos rastreamentos mostram-se improdutivos (portanto, que não são enquadradas em serviços de terceiros) são agrupadas e rateadas como administração de despesas gerais e alocadas com base em porcentagem de tempo, unidades de produção, ou dados históricos. Os desvios decorrentes dessa simplificação podem ser considerados desprezíveis (Brimson, 1991). Essa categoria engloba também os chamados “custos enterrados” (investimentos ou perdas que não darão retorno através dos produtos).

Finalmente, resta proceder ao cálculo do custo de cada atividade, a partir da quantidade utilizada dos recursos, dado genericamente por:

$$C_a = \frac{\sum R + \sum C_{as}}{Y} \quad 5.2$$

onde:

$C_a$  = Custo por Atividade;

$R$  = Custo dos recursos rastreáveis;

$C_{as}$  = custos das atividades secundárias;

$Y$  = quantidade de unidades de medida da atividade.

No Anexo I encontra-se um caso exemplo de processo de cálculo para determinação dos custos de administração de contratos por uma UNM. Nele se pode ter uma idéia do conceito e da estrutura construtiva do sistema de custeio adotado pelo SOMA.

### 5.1.2 Gerenciamento dos Dados de Desempenho Econômico

A análise de custos no SOMA adquire especial importância na medida em que ela é mais do que um coadjuvante contábil para se subsidiar decisões gerenciais. O dia-a-dia de cada UN depende de dados confiáveis de custo para que ela possa desempenhar adequadamente as suas funções. UNSs específicas prestam serviço de apoio às demais no acompanhamento contínuo dos custos e fornecimento de subsídios sobre o desempenho econômico delas e do conjunto.

Periodicamente (semanal ou mensalmente, dependendo do ritmo de mudanças a que está sujeito o sistema), as UNs recebem relatórios com os indicadores básicos de desempenho, bem como os custos incorridos no período e sua evolução, segundo as rubricas das contas da estrutura de custos. Avisos são emitidos sempre que a UN apresentar alterações representativas nas contas ou no desempenho, para que ela possa avaliar a situação. Análises históricas também são emitidas para que se tenha valores consolidados no tempo (horizontes de, por exemplo, 6 meses, 1 ano, ou 5 anos). Relatórios especiais também podem ser emitidos (com simulações de situações

hipotéticas, se necessário) sempre que uma UN solicitar para efeito de análise interna ou de montagem de propostas.

A consolidação dos dados das partes em um conjunto permite inferir o desempenho global do SOMA, bem como executar análises setoriais para detectar eventuais problemas críticos que mereçam atenção especial devido a situações recorrentes de perdas ou de desempenho aquém do esperado. A avaliação de conjunto funciona como os sistemas de custos corporativos e serve de subsídio às tomadas de decisão de caráter estratégico ou logístico (levadas a termo pela UNM responsável pelo produto final do SOMA, já que ela tem a atribuição de se relacionar com o mercado).

## **5.2 Avaliação de Desempenho no SOMA**

Além dos indicadores básicos, o SOMA dispõe de mecanismos de avaliação de desempenho técnico que permitem análise simples e rápida de cada unidade ou do conjunto. Dois níveis de avaliação de desempenho são possíveis no SOMA: externa e interna. A primeira enxerga o SOMA como parte de uma organização maior e agrega as informações para efeito de orientação estratégica da corporação, percebendo o SOMA como um todo. A segunda se preocupa com as partes e o conjunto do SOMA para sua avaliação em relação ao seu mercado e para melhoria de desempenho interno. Cada uma delas será comentada a seguir.

### **5.2.1 Avaliação Externa de Desempenho**

Não é objetivo deste trabalho detalhar os aspectos corporativos envolvidos na incorporação do SOMA em uma dada empresa. Contudo, considerando a relevância da sua interface com o sistema corporativo, aproveita-se para sugerir um arcabouço de sistema de avaliação de desempenho para orientação estratégica da organização. Ele é construído a partir das informações agregadas das UNMs, baseado na abordagem de Kaplan & Norton (1992) e aproveita a facilidade oferecida pelo SOMA de dispor de dados consolidados nas UNMs para construção de medidas que podem ser vistas na figura 5.4, de forma estruturada.

Cada uma das perspectivas traduz um enfoque da avaliação a partir de medidas básicas agregadas das informações já disponíveis no SOMA. Esta estrutura básica foi construída a partir dos elementos do SOMA, sem se preocupar com as orientações e prioridades corporativas da organização. Admite-se, portanto, que eventuais inclusões ou modificações possam vir ser feitas nas medidas visando os ajustes necessários.

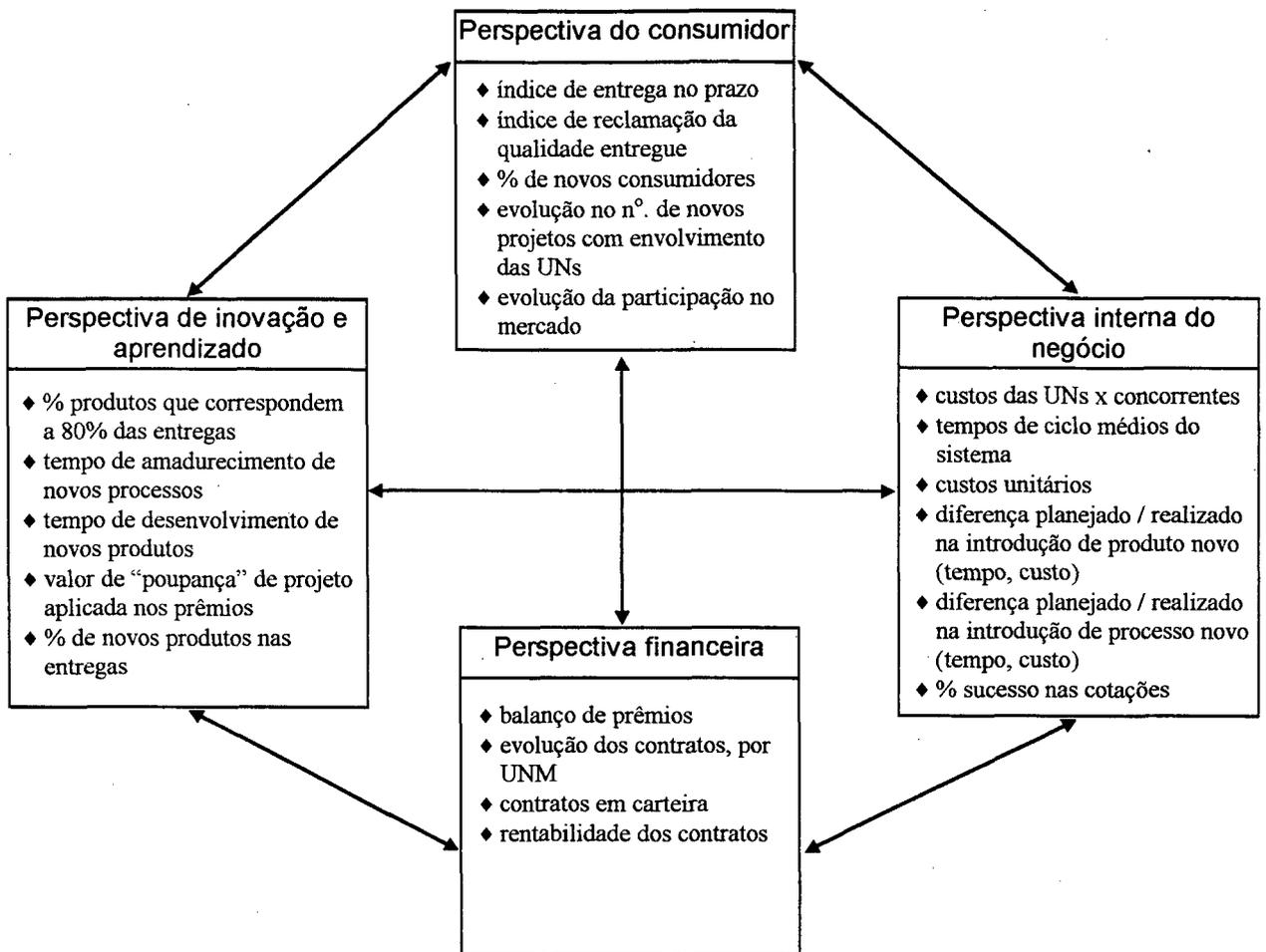


Figura 5.4 - Estrutura básica do sistema de avaliação externa do SOMA.

### 5.2.2 Avaliação Interna de Desempenho

O mecanismo de avaliação de desempenho tecnológico das UNs se presta a orientar a coordenação das unidades que constituem o conjunto orgânico do SOMA. Trata-se de um sistema baseado em medidas diretamente relacionadas aos resultados da produção, e sob a perspectiva dos clientes. Esta opção simplifica bastante o tratamento das informações e, principalmente, a intervenção efetiva no caso ações corretivas ou de melhoria. Não são utilizadas medidas indiretas de desempenho, que atuam sobre efeitos secundários (que não se vinculam diretamente aos resultados da produção). Estes, além de gerar uma enormidade de dados, acabam por impor a necessidade de interpretação e conciliação cruzada com toda uma série de outros dados que são específicos para cada UN.

Outra característica do sistema de avaliação é a sua capacidade de atualização das informações a cada vez que se conclui nova transação que representa trocas no sistema.

Mecanismos automáticos de aviso acusam situações tidas como merecedoras de análise. Isso permite a intervenção rápida para correção de desvios. O sistema se baseia em dois tipos de avaliação:

1. individual de cada UN;
2. do conjunto das UNs organizadas no SOMA.

A primeira se preocupa com os fatores internos às UNs, enquanto a segunda se atém às relações entre UNs visando o desempenho do conjunto. Tanto a avaliação de desempenho individual como a do conjunto se subdividem em dois grupos:

- a) cumprimento dos contratos existentes;
- b) submissão de propostas;

Qualquer um destes se aplica a qualquer tipo de UN. Em se tratando das UNM, os dados são obtidos a partir dos resultados consolidados das demais UNs que lhe prestam serviço, já que seu produto é justamente o resultado da produção deste conjunto de UNPs e UNSs. A tabela 5.3 resume a estrutura do sistema de avaliação de desempenho do SOMA que será discutida a seguir.

Tabela 5.3- Tipos de medidas de avaliação de desempenho do SOMA.

Método \ Tipo	Cumprimento dos Contratos	Submissão de Propostas
<b>Individual</b>	Avalia história de cada UN no atendimento de contratos. Gerencia o desempenho das UNs.	Avalia desempenho competitivo das UNs através das propostas.
<b>Conjunto de UNs no SOMA</b>	Analisa a evolução do SOMA através das UNMs, sob a ótica do mercado e segmentada por produto.	Avalia o mecanismo de negociação pela história das propostas.

### 5.3 Bases Gerais de Cálculo do Sistema de Avaliação

As medidas utilizadas são oriundas da Função - Objetivo (portanto, relacionadas a Q, C e T) e se baseiam em conceitos já conhecidos da garantia da qualidade (principalmente do CEP, do qual se empresta os elementos de básicos de avaliação), extrapolados para as necessidades da avaliação de desempenho do SOMA. As bases gerais do sistema de avaliação de desempenho são descritas a seguir.

Como já foi visto no capítulo anterior, a entrega de cada lote contratado gera automaticamente o cálculo do Prêmio realizado ( $P_r$ ):

$$P_r = P_{rQ} + P_{rC} + P_{rT} = K_e (K_Q \cdot Q_r + K_C \cdot C_p + K_T \cdot T_r) \quad 4.3c$$

$Pr$  é computado a partir dos valores de prêmios realizados para a qualidade ( $P_{rQ}$ ) e prazo de entrega ( $P_{rT}$ ). O preço de venda realizado é sempre considerado igual ao proposto ( $P_{pC}$ ) pois se assume que ele tem que ser honrado ao longo do contrato. A posição relativa da UN quando da entrega de um lote é então calculada pelo indicador de desempenho relativo  $Vr$ :

$$Vr = \frac{(Pr - Pp)}{Pp} \quad 5.3$$

Cada valor de  $Vr$  gerado leva a novos cálculos para atualização de  $\bar{Vr}$  (média de  $Vr$ ) e do seu desvio padrão  $s$ , baseados nos últimos  $n$  valores de  $Vr$  (mantém-se o histórico corrente, considerando até as últimas 100 amostras).  $\bar{Vr}$  e  $s$  são obtidos por:

$$\bar{Vr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Vr_i, \quad n = 100 \text{ (usual)} \quad 5.4$$

e

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Vr_i - \bar{Vr})^2}{n-1}} \quad 5.5$$

onde  $n$  representa o número de amostras incluídas ( $3 < n < 101$ ).

Apesar de não ser uma situação comum, um ajuste deve ser feito para permitir a análise de UNs que ingressam no SOMA e que, portanto, ainda não têm gerado uma história de pelo menos 100 amostragens, como previsto no método de cálculo. Desvios estatísticos podem ocorrer quando poucas amostras estiverem sendo avaliadas. A compensação pode ser feita introduzindo-se o fator de ajuste  $t$  de Student (adaptado à aplicação específica) no resultado obtido para  $s$ . Assim, para amostras entre 4 (mínimo logicamente admissível) e 100, passa-se a utilizar  $s'$  como valor corrigido de  $s$  (o valor de  $s'$  pode ser encontrado na tabela 5.4 para cada situação amostral):

$$s' = t s \quad 5.6$$

Os três primeiros contratos são celebrados “sub-judice”, ou seja, um crédito de confiança é dado às UNs para que elas iniciem a sua operação no SOMA. Logicamente, desvios negativos além do tolerado (assume-se  $Vr < -0,10$ ) em qualquer contrato durante essa fase inicial demandam análise imediata, já que o risco desses se repetirem, nesses casos, é bastante grande. A partir do quarto contrato, a UN passa a ser avaliada como as demais.

Tabela 5.4 - Valores corrigidos de  $s$  em função de  $n$ .

$n$	$s' = t s$
4	3,07
5	2,21
6	1,84
7	1,63
8	1,51
9	1,43
10	1,36
11	1,32

$n$	$s' = t s$
12	1,28
13	1,25
14	1,23
15	1,21
16	1,20
17	1,18
18	1,17
19	1,16

$n$	$s' = t s$
20	1,15
25	1,12
30	1,09
40	1,07
50	1,05
60	1,04
80	1,02
100	1,00

Uma característica interessante do método reside na capacidade de analisar os componentes da função objetivo de forma desdobrada, interessando, em particular, os componentes  $Q_r$  e  $T_r$ , já que  $C_p$  é constante. Os cálculos para avaliação quanto à qualidade e ao prazo de entrega seguem a mesma metodologia da avaliação global vista acima, com a diferença que passa-se a utilizar diretamente  $P_{rQ}$  e  $P_{rT}$ , conforme o caso. Dessa forma, a cada lote entregue gera-se automaticamente o cálculo da posição relativa  $V_{rQ}$  ou  $V_{rT}$  da UN:

$$V_{rQ} = \frac{(P_{rQ} - P_{pQ})}{P_{pQ}} \quad \text{ou} \quad V_{rT} = \frac{(P_{rT} - P_{pT})}{P_{pT}} \quad 5.3a, 5.3b$$

De forma análoga, as médias e desvios padrões são obtidos por:

$$\bar{V}_{rQ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{rQi} \quad \text{ou} \quad \bar{V}_{rT} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{rTi} \quad 5.4a, 5.4b$$

e

$$s_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{rQi} - \bar{V}_{rQ})^2}{n-1}} \quad \text{ou} \quad s_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{rTi} - \bar{V}_{rT})^2}{n-1}} \quad 5.5a, 5.5b$$

O procedimento de ajuste para UNs novas segue igual, com o tratamento de exceção e o uso do fator de ajuste  $t$  de Student mostrado na tabela 5.4.

## 5.4 Avaliação Individual das UNs no Cumprimento dos Contratos

A avaliação de desempenho das UNs no cumprimento dos contratos serve para avaliar o comportamento de cada uma ao longo do tempo, além de fornecer elementos para priorização de ações pelo SOMA em função dos seus interesses estratégicos. Serve também como subsídio para delineamento de sistema de premiação dos colaboradores no âmbito das unidades. Objetiva-se medir o grau de sucesso da UA no atendimento das prescrições de qualidade e de prazo de entrega. Permite também rápida detecção de desvios acima de limites determinados.

A seguir é detalhado o método, a partir do estado geral da UN no contexto do SOMA, tendo por base o indicador  $Vr$ . A Evolução do desempenho de cada UN é baseada no acompanhamento da relação  $Vr \times n$  (gráfico da figura 5.5) numa retrospectiva onde  $n$  reflete a cronologia das 25 últimas ocorrências de realização de contratos (podendo, se preciso, estender até as 100 últimas ocorrências).

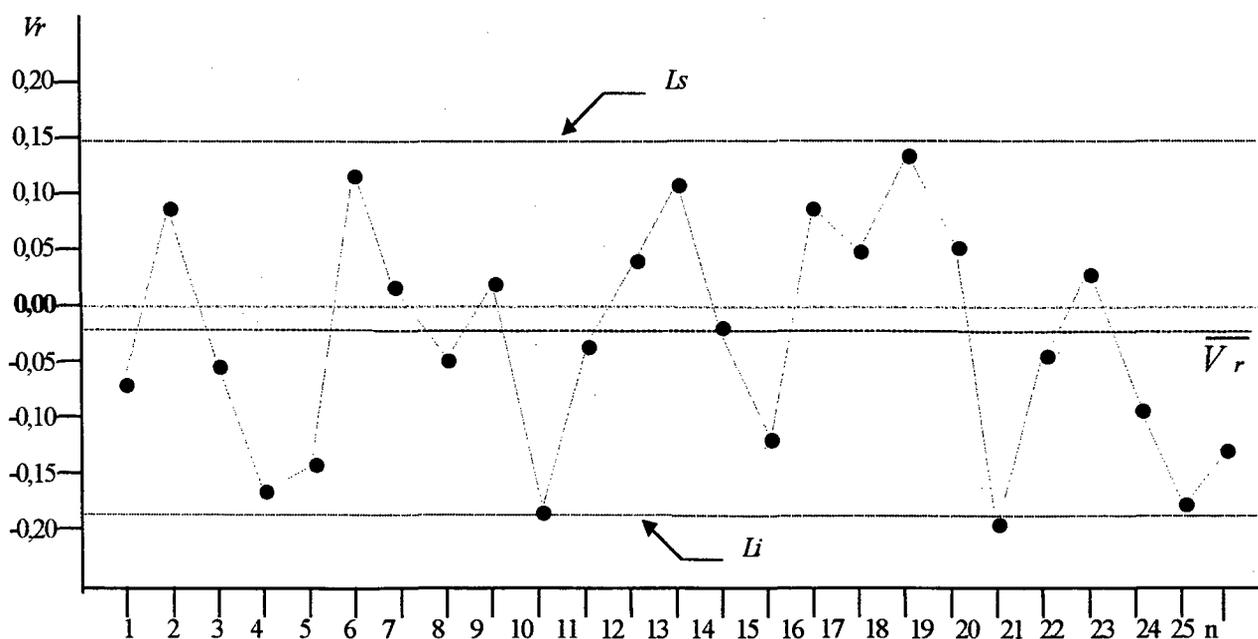


Figura 5.5 – Visualização gráfica do acompanhamento  $Vr \times n$ .

A linha de  $\overline{Vr}$  demarca a média da amostragem, enquanto as de  $Li$  e  $Ls$  delimitam os limites de controle para avaliação e são utilizados para análises de discrepâncias pontuais na realização dos contratos.  $Li$  e  $Ls$  são definidos pelas raízes da equação:

$$Li, s = 2 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{ri} - \bar{V}_r)^2}{n-1}} \quad 5.6$$

São analisadas as seguintes situações para efeito de avaliação da UN:

- ◆ 1 ponto acima de  $Ls$  ou abaixo de  $Li$  (situações consideradas anômalas);
- ◆ 5 ocorrências sucessivas abaixo da média (desempenho inferior);
- ◆ 7 ocorrências sucessivas do mesmo lado da curva (estagnação, positiva ou negativa);
- ◆ 5 ocorrências sucessivamente crescentes ou decrescentes (desempenho ascendente ou decadente);
- ◆ 2 ou mais blocos identificáveis, de 3 ou mais pontos, em gráficos de 100 ocorrências (padrões, sazonalidade).

Este modelo pode ser estendido para as avaliações específicas relativas a qualidade ( $V_{rQ}$ ) ou prazo de entrega ( $V_{rT}$ ), a partir dos gráficos equivalentes  $V_{rQ} \times n$  ou  $V_{rT} \times n$ . O procedimento de cálculo é o mesmo, utilizando-se, no caso, os valores obtidos nas equações 5.3a.

#### 5.4.1 Situação de Conjunto a partir do Desempenho Individual das UNs

O agrupamento dos desempenhos individuais permite ordenar o conjunto das UNs do SOMA objetivando a avaliação do sistema. O valor de  $\bar{V}_{rj}$  (que representa o valor individual da média  $\bar{V}_r$  de cada UNj) são importantes na avaliação do sistema, pois estes valores permitem acompanhar o desempenho relativo de cada UN em relação ao conjunto.

Como complemento a esta avaliação direta, é feita uma ordenação das UNs de acordo com o seu desempenho a partir de  $\bar{V}_{rj}$  para compor o índice de desempenho  $I_D$ .  $I_D$  será útil à rotina de desempate utilizada durante as chamadas de proposta, pois considera também o desvio padrão  $s_j$  como variável de avaliação, em acréscimo a  $\bar{V}_{rj}$ . A figura 5.6 ilustra graficamente, com um exemplo, o procedimento de agrupamento de  $I_D$ , que se baseia no método heurístico explicado a seguir:

- ◆ segmenta-se o universo das UNs do SOMA em 10 grupos, dividindo-se a amplitude máxima de  $\bar{V}_{rj}$  por 10 para se ter a amplitude  $a$  de cada faixa ou grupo  $k_i$ , ou seja,

$$a = \frac{(\bar{V}_{r \max} - \bar{V}_{r \min})}{10} \quad 5.7$$

- ◆ O resultado é distribuído entre os grupos  $k_i$  ( $1 \leq i \leq 10$ ) de acordo com a amplitude  $a$ , em ordem crescente de valor, de forma que

$$k_i = i.a$$

5.8

- ◆ organiza-se as UNs entre os grupos de acordo com seus valores de  $\overline{Vr}_i$ ;
- ◆ ordena-se as UNs, dentro de cada grupo  $k_i$ , por ordem inversa de  $s$  (menores  $s$  em melhor posição);
- ◆ cada UN então compõe seu  $I_D$  de acordo com o seguinte critério:
  1. atribui-se 1 ponto ao grupo  $k_1$ , acrescentando-se 1 ponto adicional para cada grupo sucessivamente, até o grupo  $k_{10}$ , que pontua 10;
  2. verifica-se o número total de UNs do SOMA ( $m$ );
  3. para obter-se o  $I_D$  de cada UN, atribui-se o valor  $m$  à UN de menor  $s$  do grupo  $k_{10}$  (a UN mais bem colocada, portanto) e soma-se a  $m$  o número do grupo (no caso, 10);
  4. continua-se o processo atribuindo-se à UN segundo melhor colocada o valor  $m-1$ , somando-se o valor do grupo a que pertence e segue-se esse processo até a última;
  5. relaciona-se o topo e a base da relação de UNs, mais especificamente, aquelas que situam entre as 20 % melhores e as 20 % piores do conjunto (para informação resumida).

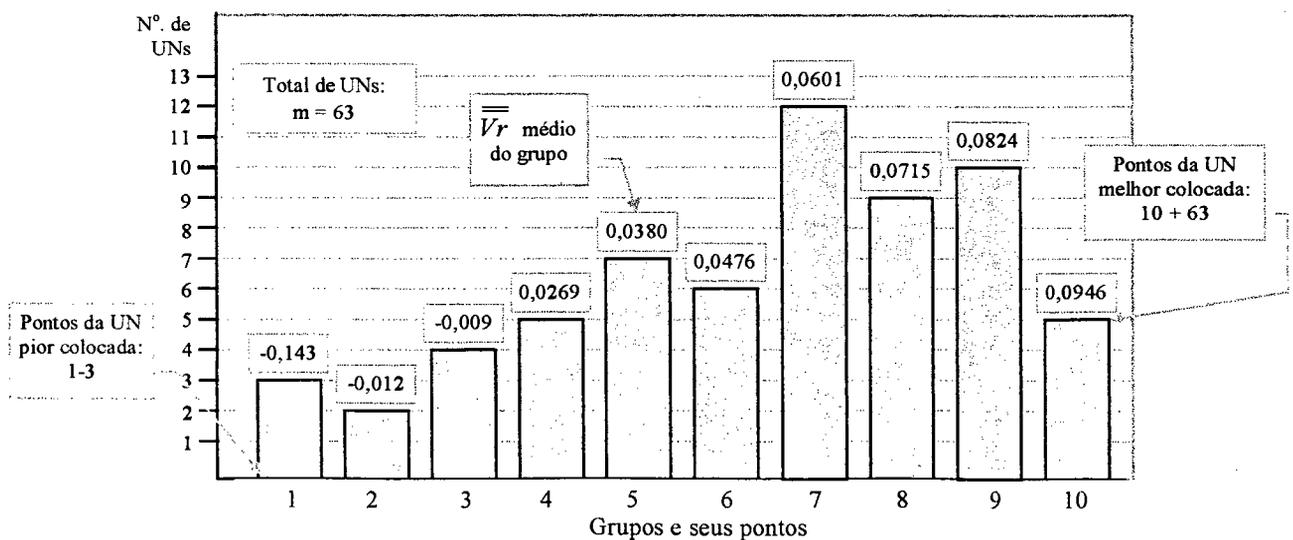


Figura 5.6 - Ilustração da distribuição das UNs pelo índice de desempenho  $I_D$ .

## 5.4.2 Objetivos do Índice de Desempenho

Além da função precípua de acompanhar o desempenho das UNs e orientar as intervenções para efeito de melhorias, o  $I_D$  fornece um parâmetro simplificado de avaliação que também se presta aos seguintes objetivos:

- ◆ obter uma visão de conjunto dos problemas e virtudes do SOMA com percepção global, setorial ou mesmo segmentada (qualidade, prazo);
- ◆ estabelecer metas de desempenho para o conjunto ou para setores específicos, de acordo com prioridades estratégicas;
- ◆ acompanhar os resultados das estratégias e medidas saneadoras desenvolvidas no âmbito do SOMA;
- ◆ orientar o sistema de desempate para contratação de UNs.

Um *benchmarking* entre UNs pode ser feito através da simples comparação entre valores de  $I_D$ , já que este uniformiza, em um único critério de avaliação, UNs com características diferentes. As decisões estratégicas podem, dessa forma, ser estabelecidas no âmbito de um SOMA a partir das informações consolidadas do grupo. O caráter dinâmico de  $I_D$  permite um acompanhamento em tempo real não só da rotina, mas também do impacto da introdução de melhorias, em todos os níveis.

Algumas aplicações imediatas de  $I_D$  são importantes, particularmente nos casos de:

- ◆ chamadas de proposta com prioridade;
- ◆ reprogramação de pedidos em caráter de urgência;
- ◆ definição de prioridade na avaliação das propostas;
- ◆ desempate entre propostas;
- ◆ desempenho fraco.

Nessas situações, é possível aplicar-se o critério de prioridade, que consiste em se somar o valor do  $I_D$  de cada UN ao prêmio total proposto ( $P_p$ ) quando da avaliação das propostas para contratação. As UNs melhores colocadas passam assim a ter uma vantagem competitiva adicional sobre as demais na concorrência pelo contrato. Consegue-se, dessa forma, a devida valorização das UNs de melhor desempenho.

Outra aplicação importante é no caso do acompanhamento das UNs que têm mantido uma história de desempenho fraco em relação ao conjunto, para que se adote medidas saneadoras para

trazer essas UNs de volta à condição de competitiva. Em geral essas medidas seriam de três naturezas:

- ◆ tecnológica, na qual a atualização dos recursos de hardware ou de software se fazem necessários;
- ◆ metodológica, envolvendo a revisão ou aperfeiçoamento dos padrões técnicos utilizados;
- ◆ humana, centrada na qualificação (educação e treinamento) da equipe para as funções que realiza.

### 5.4.3 Segmentação do Índice de Desempenho para $Q_r$ e $T_r$

É possível também obter-se  $I_D$  específicos para qualidade ( $I_{DQ}$ ) ou prazo de entrega ( $I_{DT}$ ), de forma análoga à construção do método global, utilizando-se, para tal, os resultados de  $V_{rQ}$  e de  $S_Q$ , ou  $V_{rT}$  e de  $S_t$ , respectivamente. Estas análises são úteis para atendimentos de objetivos similares aos acima descritos mas com enfoque específico na qualidade ou prazo de entrega, conforme o caso que se pretenda analisar (pode-se, por exemplo, aplicar-se apenas  $I_{DQ}$  ou  $I_{DT}$  quando forem acionados os mecanismos de prioridade  $K_Q$  ou  $K_T$ , respectivamente).

## 5.5 Avaliação Individual das UNs na Submissão de Propostas

Esta avaliação de desempenho tem por objetivo fornecer elementos que permitam inferir o desempenho de cada UN ao longo dos processos de submissão de propostas, independente delas terem ganho ou não algum contrato. Serve para acompanhar e aprimorar os métodos de cálculo do prêmio proposto pelas UNs (e suas causas) e, por consequência, avaliar o desempenho competitivo de cada UN. O mecanismo é simples (a figura 5.7 oferece uma ilustração do método):

1. calcula-se a média dos prêmios propostos em cada chamada:

$$\overline{P_p} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{n} \quad 5.9$$

2. calcula-se o desvio padrão  $S_p$  de  $\overline{P_p}$  das últimas 25 chamadas de proposta;
3. são calculados os valores normalizados dos valores de cada prêmio fazendo  $\overline{P_{pn}} = 100$  e:

$$P_{pni} = \frac{100P_{pi}}{P_p} \quad \text{e} \quad S_{pn} = \frac{100S_p}{P_p} \quad 5.10$$

4. faz-se o enquadramento dos valores de cada  $\overline{P}_p$  e respectivos  $P_{pi}$  conforme o gráfico da figura 5.7;

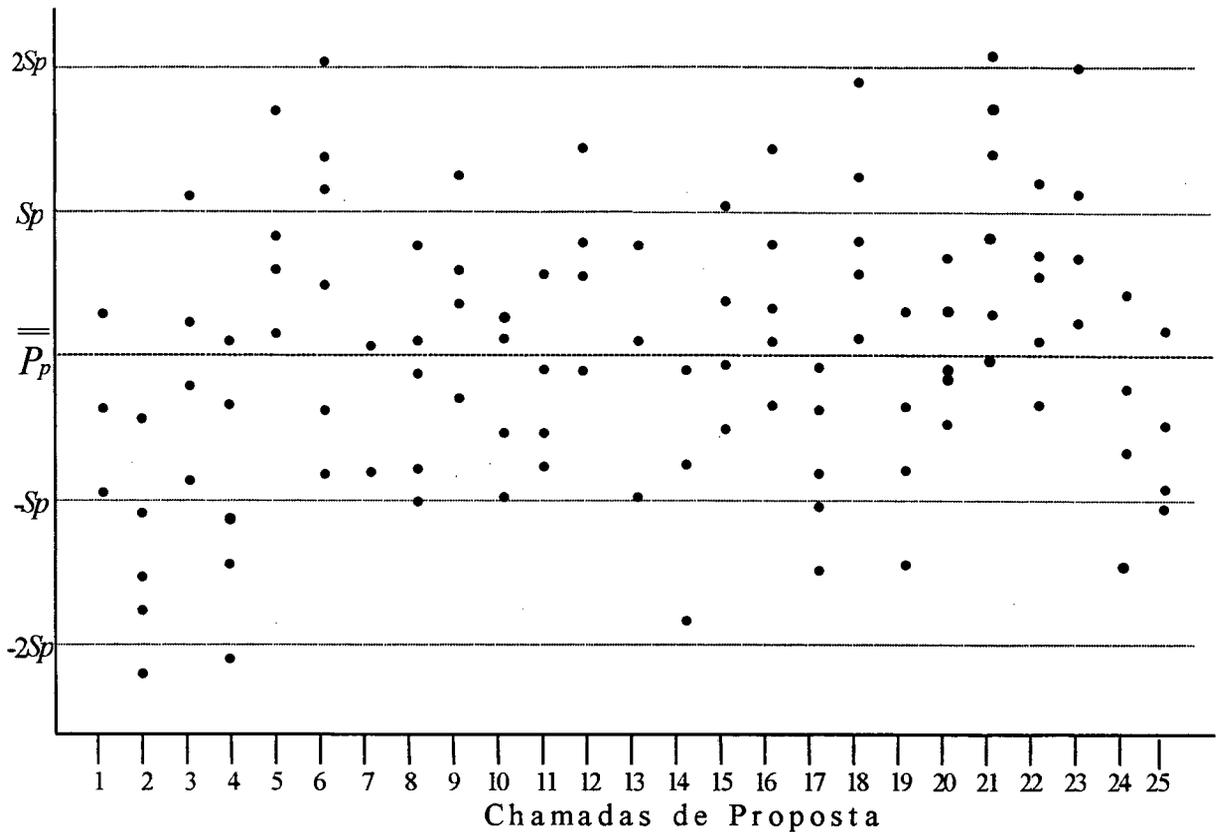


Figura 5.7 - Distribuição dos desempenhos individuais nas chamadas de proposta.

5. calcula-se a média  $\overline{P}_p$  dos últimos 25 prêmios propostos pela UN;
6. lança-se os resultados dessas médias  $\overline{P}_p$  e das ocorrências na tabela 5.5, de acordo com o seguinte critério:
  - ◊ ótimo: ocorrências acima de  $2S_p$ ;
  - ◊ muito bom: ocorrências entre  $2S_p$  e  $S_p$ ;
  - ◊ bom: ocorrências entre  $S_p$  e  $\overline{P}_p$ ;
  - ◊ fraco: ocorrências entre  $\overline{P}_p$  e  $-S_p$ ;
  - ◊ muito fraco: ocorrências entre  $-S_p$  e  $-2S_p$ ;
  - ◊ ruim: ocorrências abaixo de  $-2S_p$ .

A tabela 5.5 ilustra, através de exemplos, situações características de UNs que têm desempenho muito acima da média ( $UNP_1$ ), abaixo da média ( $UNP_2$ ) e ruim ( $UNS_1$ ). Esta última

certamente é candidata a um acompanhamento rigoroso para ajudá-la a superar suas deficiências. A prioridade de intervenção é, naturalmente, para as UNs que venham tendo desempenho médio ruim e, depois, muito fraco. São também passíveis de análise ocorrências ruins ou muito fracas das UNs (mesmo que suas médias não acusem situação ruim ou fraco) para diagnóstico de possíveis causas pontuais que tenham gerado o baixo desempenho. Na outra ponta da análise, a UNP<sub>1</sub> da tabela 5.5 é também candidata à análise: visa-se, nesse caso, avaliar as razões do seu sucesso para aprendizado do conjunto e conseqüente aperfeiçoamento da capacidade competitiva do SOMA.

Tabela 5.5 - Quadro de desempenho das UNs na chamadas de proposta.

	Total	UNP <sub>1</sub>	UNP <sub>2</sub>	...	UNP <sub>n</sub>	UNS <sub>1</sub>	...	UNS <sub>n</sub>
<b>Média (<math>\bar{P}_p</math>)</b>	103	112	98			86		
Ótimo	3	1						
Muito bom	18	2	1			1		
Bom	47	5	4			1		
Fraco	45	1	5			4		
Muito fraco	20		1			3		
Ruim						1		

## 5.6 Avaliação do Conjunto das UNs no Cumprimento de Contratos

Trata-se aqui da avaliação do conjunto de UNs coordenadas por uma UNM em um dado negócio. Serve, entre outros propósitos, à avaliação temporal das UNs e como subsídio para delineamento de sistema de premiação dos colaboradores quando a perspectiva for o SOMA como um todo. Dois tipos de avaliação ocorrem:

- ◆ de uma série histórica de fornecimentos, para verificar-se o desempenho do conjunto no tempo e a sua evolução;
- ◆ por produto, para verificar o desempenho do sistema em relação aos últimos fornecimentos.

### 5.6.1 Análise Histórica

Nesse caso, a análise é temporal e objetiva um gráfico similar ao da figura 5.5, a partir dos valores de  $V_r$ , com a diferença que, agora, a análise é feita pelo conjunto das UNs em um dado

período de tempo. Cada ponto a ser plotado é obtido por agrupamento dos  $Vr$  acumulados pelas diversas UNs em cada dia ou uma semana, a depender da escala usada para frequência de fornecimentos do sistema. Cada ponto representa, dessa forma, a média  $\bar{V}_s$  do sistema em cada período  $f$  amostrado. O gráfico  $\bar{V}_s \times f$  é então plotado (figura 5.8), onde  $f$  representa a cronologia das últimas 25 amostras consideradas (a depender da escala, 25 dias úteis – equivalentes a 1 mês, ou 25 semanas – aproximadamente 6 meses). Além desse, outro gráfico também é plotado, representando  $s_s \times f$ . As equações utilizadas, similares às 5.4 e 5.5, assumem a forma:

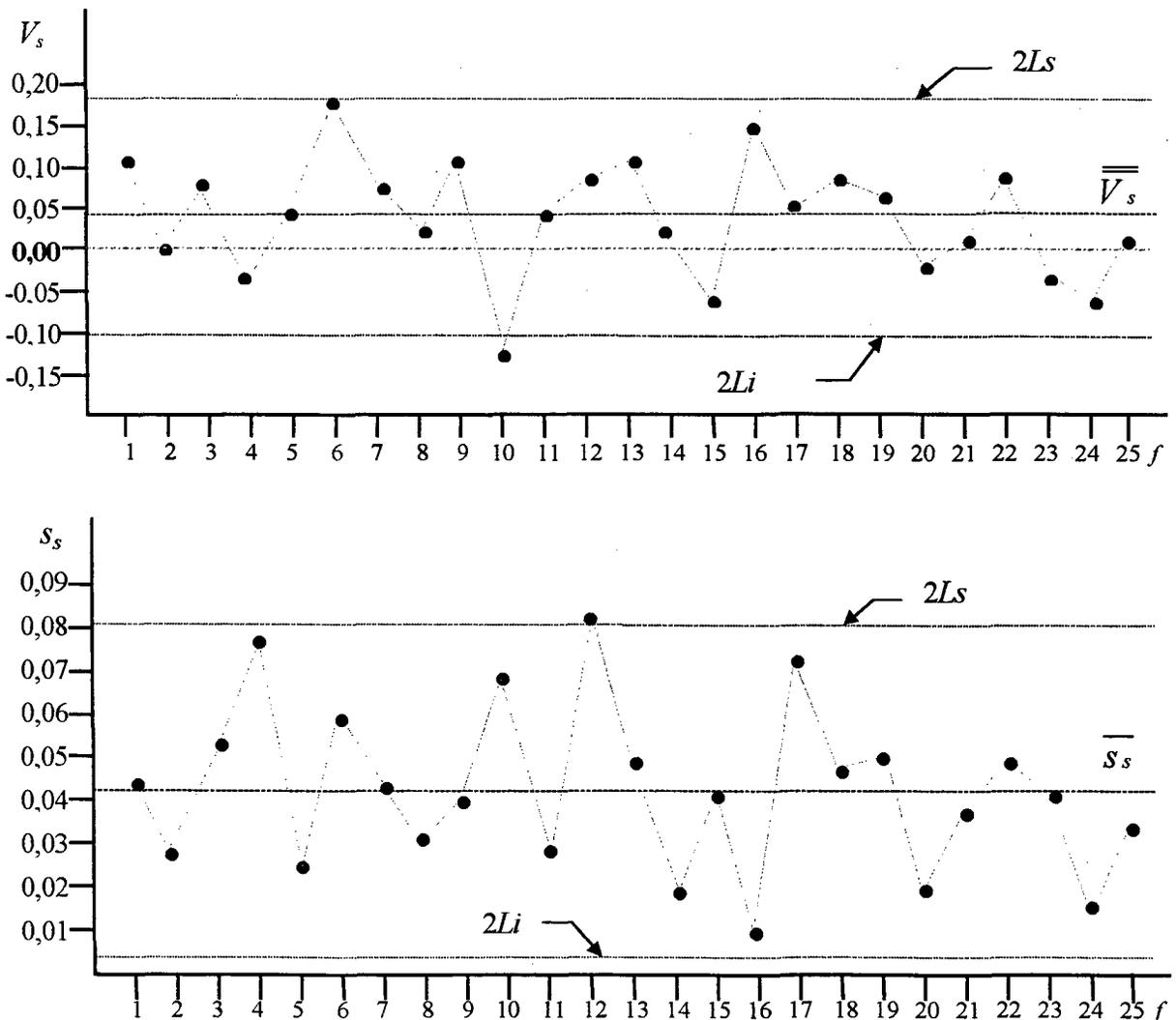


Figura 5.8 - Representação dos gráficos de média  $\bar{V}_s \times f$  e de dispersão  $s_s \times f$ .

$$\bar{V}_s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n V_{rj} \quad \text{e} \quad \bar{s}_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{V}_{S_i} \quad 5.4b$$

$$S_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\overline{V}_{si} - \overline{\overline{V}}_s)^2}{n-1}} \quad 5.5b$$

Os limites inferiores e superiores de controle ( $Li$  e  $Ls$ ) são definidos pelos valores de  $\pm 2s$ . Os valores de  $\overline{\overline{V}}_s$  e  $S_s$  servem também como parâmetros reduzidos de análise: deles pode-se obter uma avaliação rápida da evolução do sistema. Maiores detalhes podem ser obtidos a partir da interpretação dos gráficos. As situações de análise são similares às do item 5.4, lembrando que, agora, a preocupação é em se detectar comportamentos anômalos e distorções do conjunto ao longo dos processos de contratação, como, por exemplo, situações deficitárias persistentes, tendência para degradação de desempenho ou premiações discrepantes em função de situações emergenciais. Particularizações para qualidade e prazo de entrega, partindo de  $V_{rQ}$  e  $V_{rT}$ , são possíveis mas não serão aqui detalhadas.

### 5.6.2 Análise por Produto

Esta avaliação procura refletir a situação do sistema em relação aos fornecimentos gerados num determinado período, em relação a cada produto  $j$  coordenado pela UNM junto aos seus fornecedores. Esta análise, mais simples, envolve o cálculo da média dos últimos 25 lotes entregues do produto,

$$\overline{V}_{aj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{ri} \quad 5.4c$$

e o desvio padrão dessa média,

$$S_{aj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{ri} - \overline{V}_{aj})^2}{n-1}} \quad 5.5c$$

onde  $V_{ri}$  corresponde às posições relativas de cada um dos lotes do produto  $j$  entregues pelas UNs. Os valores de  $\overline{V}_{aj}$  e de  $S_{aj}$  permitem inferir a história da qualidade dos fornecimentos para ações corretivas, se necessário.  $-\overline{V}_{aj}$  (negativo) significa que os fornecimentos não têm correspondido às expectativas das propostas, ficando sistematicamente aquém do prometido. É uma situação que denuncia uma história de fornecimentos deficitários em relação à qualidade ou à entrega.  $S_{aj}$  além do Limite de Controle  $Ls$  (onde  $Ls = 2S_{aj}$ ) demonstra uma grande dispersão nos valores realizados dos lotes, o que acusa níveis de imprevisibilidade dos fornecimentos que

merecem ser analisados. Ambos os casos sugerem uma atenção especial, a partir do desdobramento dos dados e identificação dos lotes das UNs que geraram os números críticos.

## 5.7 Avaliação do Conjunto das UNs na Submissão de Propostas

Trata-se de um conjunto de indicadores com características qualitativas para análise gerencial. Os parâmetros que compõem o método não são aqui definidos em detalhes, uma vez que os dados que os compõem são específicos para cada caso. O que se quer, dessa avaliação, são elementos que permitam inferir o desempenho do conjunto das UNs em relação às demandas do mercado, através dos seguintes indicadores obtidos a partir das chamadas de proposta (num retrospecto de até as 100 últimas propostas):

1. o número de chamadas, em relação ao total, com:

$$C_p > C_d$$

$$Q_p < Q_d$$

$$T_p > T_d$$

2. o número de chamadas sem resposta ou com apenas uma resposta em relação ao total;
3. situação das UNs em relação à concorrência (*benchmarking*);
4. evolução dos  $P_p$  ao longo do tempo.

O primeiro e o segundo casos são de indicadores reativos, isto é, buscam avaliar o estado geral do sistema, com destaque para:

- ◆ o grau de ocupação do conjunto;
- ◆ os gargalos existentes ou potenciais;
- ◆ os métodos de cálculo dos prêmios.

Faz-se uma análise recorrente das chamadas sem resposta em primeira instância e verifica-se, dessas, quantas tiveram resposta após revisão dos valores de  $P_d$ . A ação corretiva assume duas vertentes que permitem embasar estudos para otimização do sistema de custos e estabelecer estratégias para superá-los:

- ◆ revisão do sistema de cálculo de  $P_d$ ;
- ◆ avaliação das restrições do sistema;
- ◆ confronto de  $P_p$  com os preços praticados no mercado.

Nesses casos, se busca, pela comparação entre  $P_d$  e  $P_p$  em situações recorrentes, avaliar os casos de  $C_d$  sub-avaliados ou, por outro lado, com exigências excessivas nas especificações ( $Q_d$ ) ou nos prazos de entrega ( $T_d$ ). A análise procura detectar duas situações básicas:

- ◆ UNMs que estão se baseando em critérios irreais para determinação de  $P_{di}$ ;
- ◆ UNPs/UNSSs que estão defasadas em relação aos parâmetros atuais de competição;

A consulta ao mercado externo serve de balizador desta análise. Se o problema é de restrição no sistema, o encaminhamento passa pelas análises das alternativas tecnológicas para sua eliminação, ou mercadológicas, pela busca de fornecedores externos (se a situação é momentânea ou sazonal, por exemplo).

O terceiro e quarto casos visam uma ação proativa dos sistema, visando posicioná-lo competitivamente no mercado. O *benchmarking* das UNs em relação à concorrência (3º elemento de análise) é feito a partir de chamadas de proposta que são estendidas aos fornecedores gerais. É uma forma prática e efetiva de se avaliar o desempenho do sistema e em relação às forças da concorrência externa para se estabelecer estratégias de produção. Pode também ocorrer como prática normal de cotação em 2ª instância como forma de coletar dados para os 1º e 2º elementos de análise.

Por último, a análise da evolução dos prêmios propostos ao longo do tempo é feita através da retomada das séries de propostas oferecidas nas chamadas. Visa avaliar as tendências das propostas em relação às desejadas visando estabelecer-se estratégias de intervenção. Duas situações podem ocorrer:

- ◆ tendência positiva (prêmios propostos gradualmente maiores ao longo do tempo);
- ◆ tendência negativa.

O primeiro caso reflete os esperados ganhos de produtividade e de aproveitamento da curva de experiência com o tempo. É o instrumento mais eficaz para revisão dos prêmios objetivos em função desses ganhos do sistema. Em última instância, é um elemento revisor da estrutura de custos do SOMA.

O segundo caso sugere problemas de custos crescentes ou de sobrecarga do sistema. Introduce elementos para uma análise mais acurada do problema visando uma intervenção, se for o caso. De novo, a análise complementar de *benchmarking* pode ajudar a interpretação quanto às origens do problema, se internas ou externas ao SOMA.

## 6 Modelagem Formal do SOMA

Uma das maiores dificuldades para delinear um modelo eficaz e facilmente entendível do SOMA residiu nas restrições colocadas pelas ferramentas atualmente disponíveis para esse fim. Um modelo efetivo deveria permitir destacar e representar as principais características do SOMA:

- ◆ arquitetura modular, construída pelas relações entre unidades independentes (as UNs);
- ◆ relações assíncronas entre unidades, apoiadas em estratégias de negociação;
- ◆ agregação das funções de planejamento e execução em cada unidade independente;
- ◆ gerenciamento e controle também descentralizado, encapsulado em cada unidade.

Dentre os diversos recursos pesquisados, optou-se pela Análise Orientada a Objeto (AOO) pelas razões já comentadas no capítulo 3.

O modelamento completo do SOMA pela técnica de AOO poderá ser encontrado a seguir. Optou-se pela utilização da metodologia adotada por Coad et alli (1997), em função do seu desempenho e versatilidade em relação a ferramentas similares (Wu, 1995, comenta alguns desses aspectos de desempenho). Contou a favor também a disponibilidade de ferramenta de suporte ao desenvolvimento (Playground v.2.0), que oferece bons recursos de representação de modelo e permite a transposição para outros padrões como o OMT (*Object Modelling Technique*, Rumbaugh, 1991) ou o Unified (projeto de norma ANSI).

Um modelo completo na AOO envolve a construção do modelo descritivo, que descreve as entidades e suas ligações sem preocupação com o aspecto temporal, e um modelo dinâmico, normalmente representado por diagramas de estado ou construção de cenários. Modelo estático e dinâmico se complementam e se validam mutuamente.

Neste trabalho, o modelo descritivo é complementado pela modelagem dinâmica feita com a ajuda de ferramenta de simulação, ao invés das ferramentas normalmente utilizadas pela AOO. Esta opção se deveu, principalmente, à constatação que o trabalho de desenvolvimento de cenários ou diagramas de estado acabaria incompleto pela inviabilidade prática de se testar todas as possibilidades, além de ser um processo exaustivo e tedioso (o que é confirmado por Coad et alli, 1997). Por outro lado, a possibilidade de se usar a simulação permitiria validar o modelo até o nível de algoritmo e testar o seu comportamento dinâmico, além das demais vantagens já comentadas no capítulo 3. Para este fim, fez-se uso do software Promodel v.3.2, uma ferramenta de simulação com concepção orientada a objeto, projetada originalmente para aplicação em

manufatura. Estas características facilitaram bastante o processo de construção do modelo dinâmico. Os resultados da simulação dinâmica são apresentados adiante e no anexo II.

## 6.1 O Modelo Estático do SOMA

A figura 6.1 ilustra o método geral de construção dos objetos e suas relações a partir de um exemplo. Estas são baseadas em operações do tipo “solicita-entrega” que são comunicadas na forma de mensagens entre objetos. Um objeto é uma entidade abstrata do domínio de um problema cuja informação precisa ser manipulada e/ou armazenada, composta por seus atributos e serviços encapsulados. Objetos são instâncias de classes de objeto. Classe descreve um ou mais objetos com conjunto uniforme de atributos e serviços. Assim é que UNP é uma instância da classe UN. Objetos herdam as propriedades das classes de objetos e acrescentam-lhes outras de acordo com as suas necessidades específicas. As funções são gerenciadas de forma assíncrona, o que implica não haver ações de controle entre objetos (elas são encapsuladas nele). O encapsulamento é uma consequência de se esconder do usuário do objeto os métodos pelo qual eles são manipulados pelos atributos através dos serviços (por exemplo, serviço “criar” no atributo “registro” do objeto “UNPContrato”). Nesse contexto, as UNs podem ser entendidas como classes de objetos que incorporam objetos como pessoas, máquinas, recursos, estoques, contratos, e assim por diante.

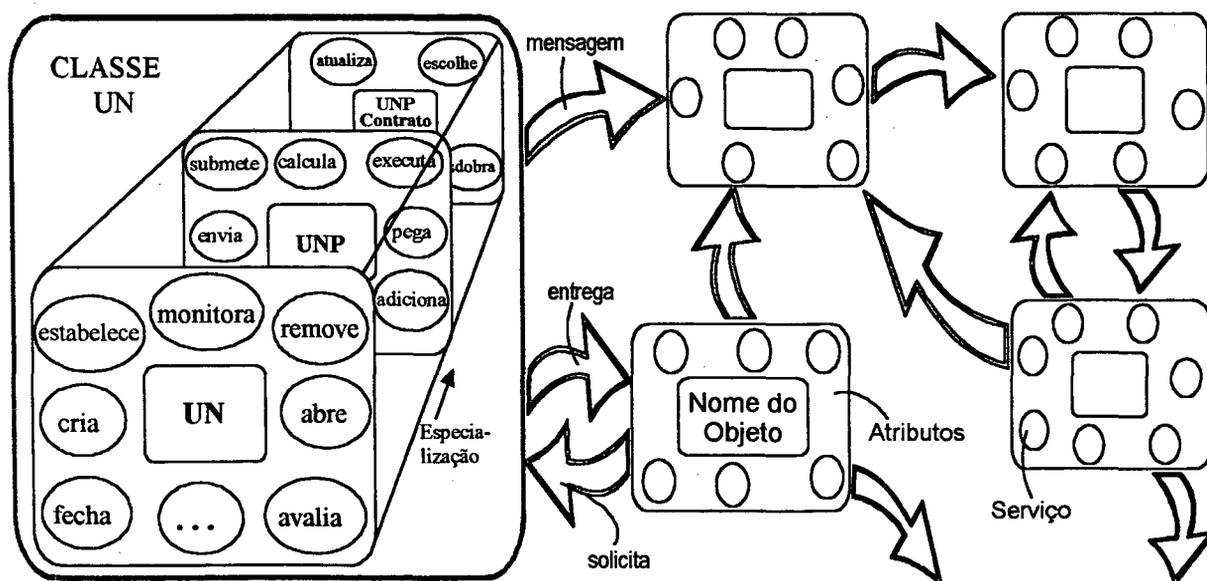


Figura 6.1 - Objetos e suas relações em uma UN.

A definição dos objetos e suas relações é suficiente para entender e modelar o sistema ao nível de requisitos e permitir a sua análise. Maiores refinamentos podem ser feitos na fase de projeto (conhecida como projeto orientado a objeto). Repete-se, nesse caso, o uso da mesma ferramenta básica, com detalhamento de cada objeto, podendo chegar aos algoritmos necessários quando o objetivo for, por exemplo a construção de software. Esse recurso permite, inclusive o projeto de sistemas envolvendo controle em tempo real (Coad, 1997).

### 6.1.1 A Modelagem pela Análise Orientada a Objeto

A seguir são esclarecidos alguns detalhes importantes para compreensão do modelo. A figura 6.2 apresenta os principais elementos de notação do método, enquanto os diagramas do item 6.1.2 (figuras 6.3 a 6.8) são referenciados, na explicação, como exemplos aplicados à Tese.

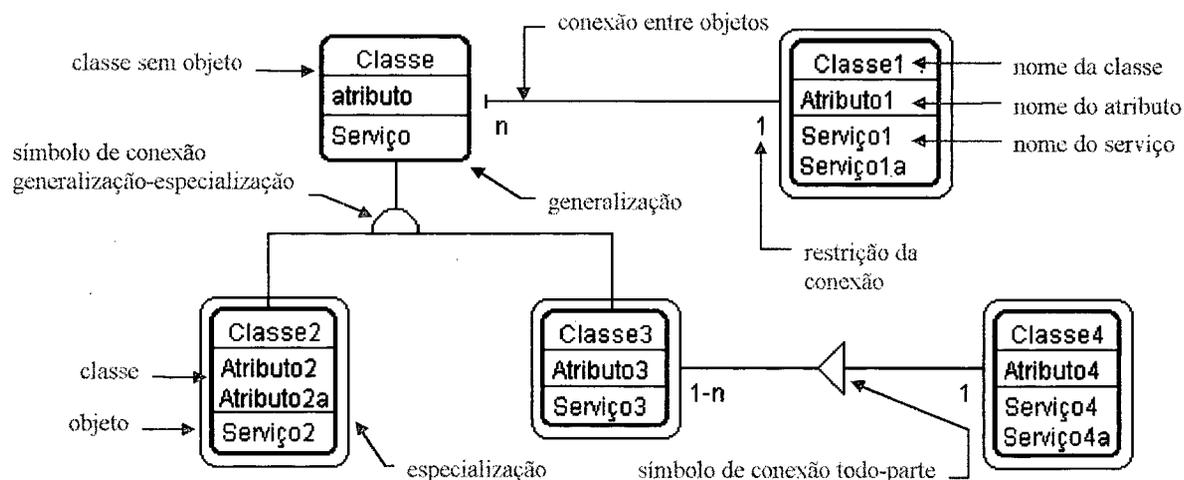


Figura 6.2 - Notação adotada na modelagem do SOMA.

Uma classe sem objetos é instanciada apenas pelos objetos que contém (representada pela conexão especialização-generalização). Por exemplo, a classe UN generaliza os seus três objetos: UNM, UNP e UNS (que, por sua vez, são especializações de UN, ver figura 6.4 a título de exemplo). Outro tipo de conexão, “todo-parte”, representa a constituição do todo (no exemplo, UN) pelas suas partes (equipamento, pessoal, recurso, estoque, competência, processo e contrato). Esses dois tipos de conexões garantem que os objetos que constituem especializações ou partes herdem, de suas generalizações ou todo, os atributos e serviços, guardadas as características de polimorfismo dos objetos, ou seja, apesar de manter o mesmo propósito operacional, um serviço pode assumir diferentes formas a depender do objeto que o executa. Por exemplo, “pagar\_prêmio” pode assumir diferentes resultados a depender dos atributos passados

pelo objeto “LoteInstância” e a ele se refere (para maiores detalhes sobre polimorfismo, ver Martin & Odell, 1996). Determinados serviços são básicos e se aplicam a praticamente todas as classes de objeto. Desta forma, a fim de evitar confusão e redundâncias desnecessárias no modelo, eles são descritos em uma classe “Básico” e subentendidos nas demais.

Um terceiro tipo de conexão, simples, assegura que objetos se conheçam e troquem mensagens. As restrições das conexões anunciam quantos objetos de uma dada classe conhecem os da outra. Por exemplo, a classe “Lote ” conhece  $n$  objetos de “LoteInstância”. Já “LoteInstância” conhece apenas 1 “Pagamento”. O símbolo  $1-n$  significa “de 1 a  $n$ ”.

O modelo completo é constituído por quatro componentes:

- ◆ Domínio;
- ◆ Interface Homem-Sistema;
- ◆ Gerenciamento de Dados;
- ◆ Interação com Outros Sistemas.

A principal é o Domínio, pois é ele que define toda a estrutura, organização e funcionalidade do sistema modelado. Da sua correta interpretação depende a representatividade do modelo. Os demais são úteis para o posterior detalhamento de projetos específicos envolvendo, por exemplo, construção de software. Desta forma, apenas o domínio precisa ser detalhado para efeito de análise. Os demais componentes do modelo devem, contudo, ser explicitados para permitir posterior especificação de conteúdos para os projetos específicos.

A Interface Homem-Sistema apenas prevê os objetos que representarão as interfaces com o homem: basicamente, telas (janelas, mostradores) de computadores ou outros dispositivos e relatórios. Gerenciamento de Dados, como o nome já o diz, armazena e disponibiliza dados para o domínio. Quase todas as classes de objetos que representem transações têm um correspondente em Gerenciamento de Dados e Interface Homem-Sistema. As conexões são, nesses casos, consideradas implícitas (apresentadas sob a forma de atributos, o que é um procedimento válido para evitar profusão de conexões). Interação com Outros Sistemas, por sua vez, garante a interface do sistema com outros domínios. No caso, o SOMA se relaciona com seis outros domínios (ver figura 6.7).

É importante entender que a AOO prescreve os requisitos construtivos dos atributos e serviços de cada objeto, estando claros mas implícitos os algoritmos que tratarão deles. Cada serviço embute seu algoritmo. Esta é mais uma característica bastante interessante da AOO: em função do encapsulamento dos atributos e serviços em cada classe de objeto, os algoritmos

conseqüentes são bastante simples e, talvez mais importante, altamente reutilizáveis entre classes com pouca ou nenhuma modificação.

Outra característica interessante do modelo é a diferenciação entre classe de objeto e instância de classe de objeto. Esta preocupação tem sentido para separar a classe (item, por exemplo, que define toda a estrutura de produto ou serviço de uma UN) de suas instâncias específicas que estão condicionadas ao tempo (por exemplo, quantidade e qualidade dos itens que estão sendo produzidos em um lote específico). Instâncias definem, em geral, quantidades e valores de objetos. Algumas classes de objeto do domínio poderiam ser reduzidas a atributos, com são os casos das classes “Estado”, “Ocupação”, “Qualidade”, “Preço” ou “Entrega”. Contudo, dada a importância delas para o modelo, optou-se por constituí-las objetos, mesmo que à custa de uma maior complexidade de construção.

Outro detalhe importante: atributos no plural designam a existência de mais de um mesmo atributo em um objeto. Por exemplo, “ContratoInstância” traz, no seu atributo “valores”, todo um conjunto relativo aos dados de qualidade, entrega e preço fornecidos pelas demais classes correspondentes. Já “PreçoInstância” contém, no seu atributo “valor”, apenas o preço calculado para aquela instância (o preço de cada item negociado é um só).

### 6.1.2 Modelo Estático do SOMA pela Análise Orientada a Objeto

As figuras 6.3 a 6.8, a seguir, apresentam a construção do modelo completo do SOMA pela técnica da AOO. A figura 6.3 introduz todo o domínio do SOMA na forma de um diagrama geral, ao qual se referem os demais que o detalham (figuras 6.4 a 6.6). Segue-se os diagramas básicos correspondentes ao Gerenciamento de Dados, Interface Homem-Sistema e Interação com Outros Sistemas (figuras 6.7 e 6.8). Os quadros à esquerda de cada componente listam as classes de objeto neles contidas.

As instâncias não foram explicitadas no diagrama geral do domínio (figura 6.3). Elas estão devidamente posicionadas nos detalhamentos que acompanham o diagrama geral (figuras 6.4 a 6.6). A propósito, esta forma de apresentação, de diagrama geral acompanhado de detalhamentos, foi uma opção adotada para simplificação da apresentação do modelo, facilitando o seu entendimento e interpretação, além de viabilizar a formatação nos tamanhos disponíveis dentro das restrições do software utilizado. No diagrama geral (figura 6.3) consegue-se, dessa forma, uma boa visualização de conjunto sem se perder nos detalhes. Também por simplificação não foram detalhadas as instâncias de Interface Homem-Sistema e Gerenciamento de Dados. Nesses casos, como praticamente toda classe possui a sua instância correspondente, geraria uma



Detalhamento do Domínio (A)

DomínioSOMA
Chamada
ChamadaInstância
Competência
Consulta
ConsultaInstância
Contrato
ContratoInstância
Custo
CustoInstância
Desempenho
DesempContrato
DesempInstância
DesempCusto
DesempProposta
Entrega
EntregaInstância
Equipamento
Estado
EstadoInstância
Estoque
EstoqueEntrada
EstoqueInstância
EstoqueProcesso
EstoqueRejeito
EstoqueSaída
Item
ItemInstância
ItemProduto
ItemServiço
ItemComponente
Lote
LoteInstância
LoteRevisão
Método
MétodoEspecificação
MétodoInstância
MétodoPlanoProcesso
MétodoProjeto
MétodoTarefa
Ocupação
OcupaçãoInstância
Pagamento
PagamentoCorrente
PagamentoPrêmio
Pessoal
PessoalEquipe
PessoalGerente
Processo
Programação
ProgramaçãoInstância
Proposta
PropostaInstância
Qualidade
QualidadeInstância
Recurso
RecursoInstância
RecursoPrima
RecursoPrograma
RecursoFerramenta
RecursoInsumo
RecursoDispositivo
Sessão
UN
UNM
UNP
UNS
Cliente(IS)
Fornecedor(IS)
UN(IS)
DesenvProduto(IS)
Controlador(IS)
SistCorporativo(IS)
(IS): Interação com outro Sistema

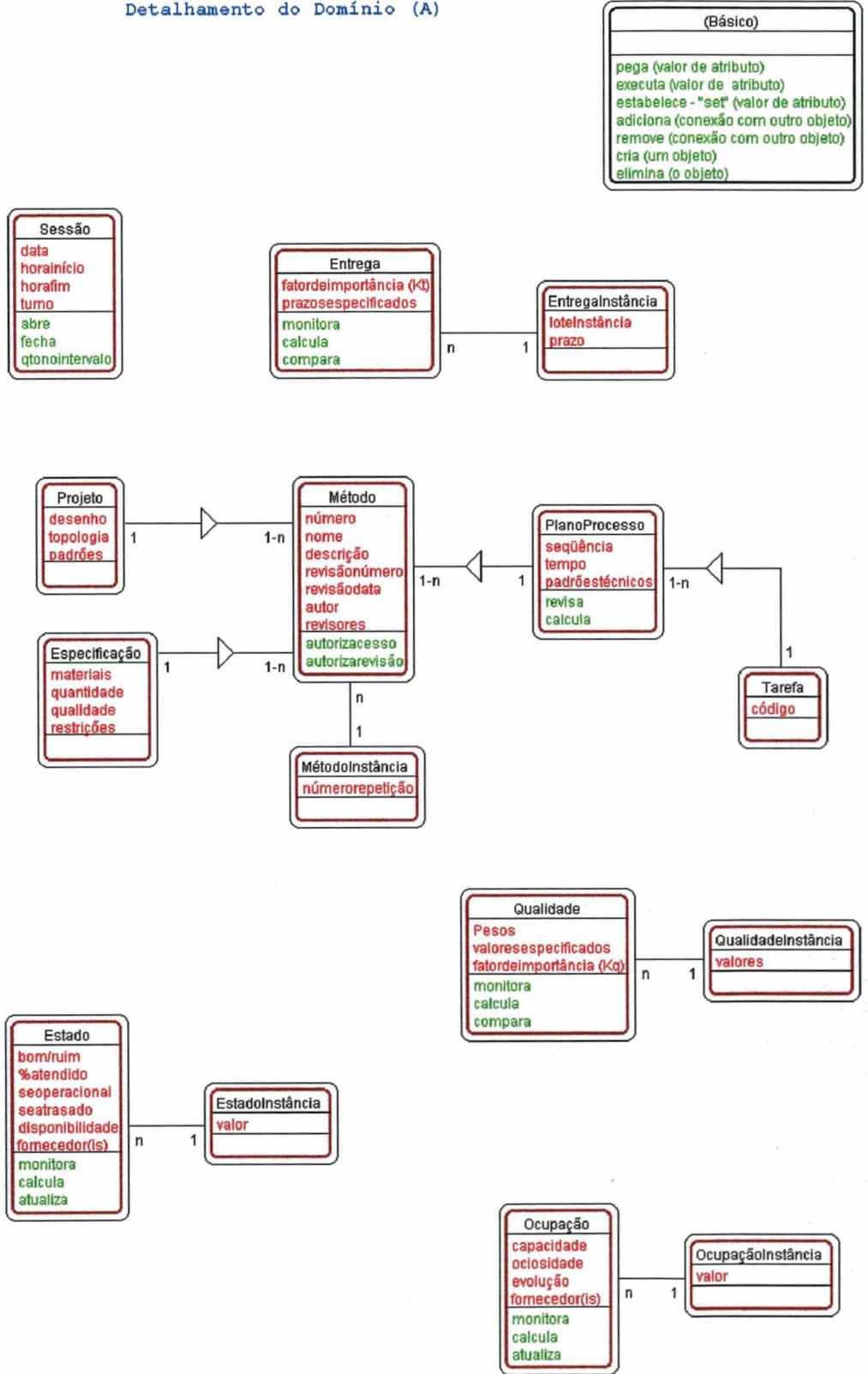


Figura 6.4 - Detalhamento do domínio do SOMA (primeira parte).

## Detalhamento do Domínio (B)

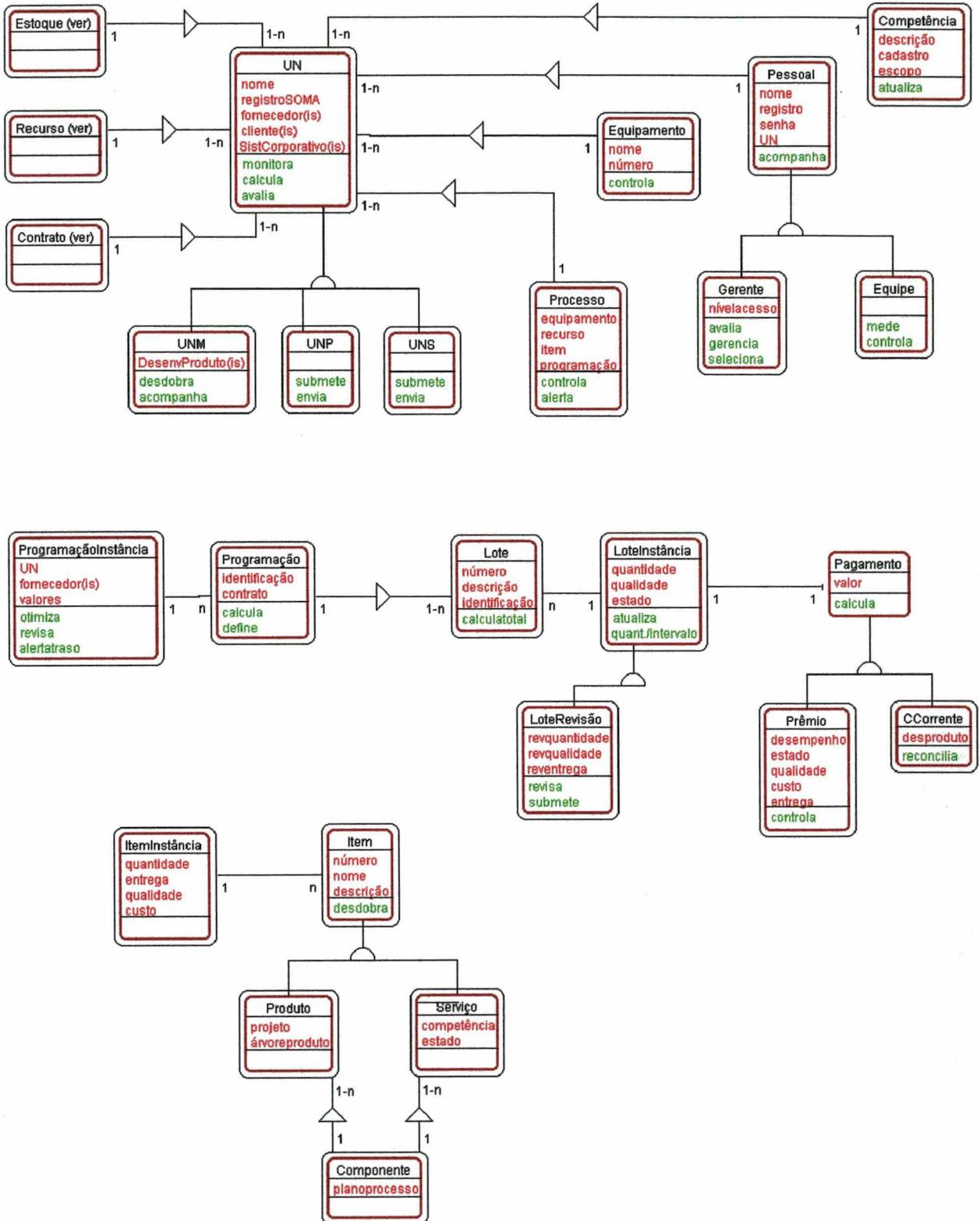


Figura 6.5 - Detalhamento do domínio do SOMA (segunda parte).

## Detalhamento do Domínio (C)

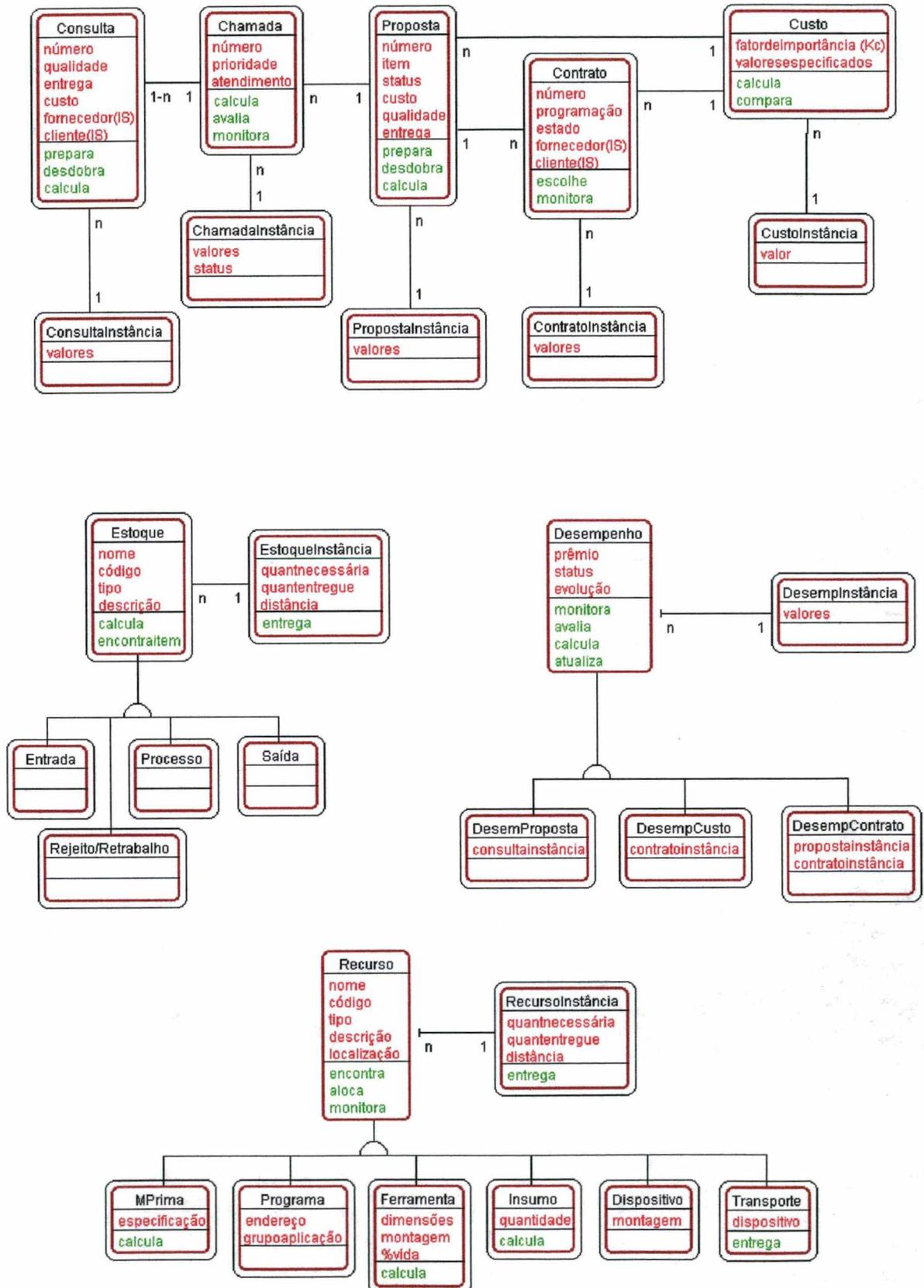


Figura 6.6 - Detalhamento do domínio do SOMA (terceira parte).

### Interação com Outros Sistemas (IS)

InteraçãoSistemas
UN(is)
SistCorporativo(is)
Controlador(is)
Desenvolv.Produto(is)
Cliente(is)
Fornecedor(is)

UN(is)
UN

SistCorporativo(is)
UN
pessoal
custo

Controlador(is)
UN
equipamento

Cliente(is)
UN

Fornecedor(is)
UN

Desenvolv.Produto(is)
UN

### Gerenciamento de Dados (GD)

GerênciaDados (GD)
UN
Item
Consulta
Equipamento
Pessoal
Estoque
Desempenho
Método
Contrato
Recurso
Estado
Pagamento
Custo
Qualidade
Entrega
Processo

UN(gd)
UN

Item(gd)
item

Pessoal(gd)
pessoal

Equipamento(gd)
equipamento

Estoque(gd)
estoque

Recurso(gd)
recurso

Método(gd)
método

Processo(gd)
processo

Consulta(gd)
consulta

Contrato(gd)
contrato

Estado(gd)
estado

Pagamento(gd)
pagamento

(Básico)
procurar
abrir
pesquisar
salvar

Custo(gd)
custo

Qualidade(gd)
qualidade

Entrega(gd)
entrega

Desempenho(gd)
desempenho

Figura 6.7 - Interação com Outros Sistemas e Gerenciamento de Dados do SOMA.

## Interface Homem-Sistema (IHS)



Figura 6.8 - Interface Homem-Sistema do SOMA.

Uma atenta observação do modelo permite verificar a simplicidade do SOMA: alguns poucos objetos permitem representar praticamente qualquer sistema de manufatura enquadrável como um SOMA. Outro aspecto de destaque é a sua portabilidade: um conceito de manufatura pode facilmente ser transposto para diversas situações sem precisar ser alterado. Uma empresa com várias fábricas, por exemplo, pode se basear em um único modelo. As especificidades só aflorarão no nível de detalhamento de projeto, quando as instâncias dos objetos começam a tomar as suas formas específicas. Portáveis também são as interfaces homem-sistema e o gerenciamento de dados: um único modelo, com padrão bem definido, representa qualquer sistema. Isso facilita sobremaneira o treinamento e mobilidade dos colaboradores, que precisarão adquirir conhecimentos fundamentais sobre os recursos que utilizarão apenas uma vez, podendo, a partir daí, preocupar-se com suas atividades fins. Adaptações a novas possibilidades

tecnológicas que acrescentam facilidades e conforto alterarão apenas forma, provavelmente pouco no conteúdo.

## 6.2 O Modelo Dinâmico do SOMA

O modelo dinâmico visa avaliar o desempenho e as características operacionais do SOMA, particularmente da sua Lógica de Negociação. Ele foi montado a partir de um estudo de caso capaz de simular cenários alternativos para, desta forma, avaliar o comportamento de um sistema de manufatura em situações representativas do mundo real. Para tanto, o modelo dinâmico foi projetado para representar a produção em lotes de médios a pequenos, com família definida de produtos e variação de demanda com comportamento estocástico. Procurou-se evitar um modelo muito complexo para não dificultar a análise dos dados coletados nem tornar a simulação por demais onerosa. Como o objetivo é avaliar a Lógica de Negociação, não se previu, nesse modelo, características inerentes ao SOMA mas que extrapolam a Lógica, tais como aproveitamento da curva de experiência, melhorias em competência ou desenvolvimento de produtos. Da mesma forma, as propostas são feitas, pelas UNPs, sempre em bases meramente estocásticas, desconsiderando decisões gerenciais que normalmente ocorreriam no processo de elaboração visando otimizar desempenho.

O ideal seria poder representar um caso real, o que facilitaria o projeto do modelo dinâmico e a introdução de dados para análise. Entretanto, dadas as características inéditas do SOMA, não se dispõe de aplicações que se aproximem da sua lógica de gerenciamento. Optou-se, então, por criar um caso hipotético representativo que permitisse testar o comportamento de uma fábrica baseada no SOMA. Como subsídio ao projeto do modelo, aproveitou-se a experiência já existente na literatura para se definir parâmetros representativos dos principais aspectos envolvidos, de forma a se dispor de parâmetros fidedignos de análise (foram pinçados elementos de, entre outros, Shaw, 1987; Tsukada et alli, 1994; Perret & Bienert, 1994; Ang, 1995; Chiu et alli 1995; Inman, 1996; Gindy & Saad, 1996).

### 6.2.1 A Fábrica de Redutores

Foi montada, por modelo, uma fábrica de redutores de aplicação industrial, na qual se introduziu os principais processos de fabricação de forma redundante (4 UNs de cada tipo, tecnicamente equivalentes entre si, ver figura 6.9). Apesar de não ser o caso mais representativo do mundo real (no qual, em geral, existe apenas um conjunto de equipamentos para cada processo fabril), esta configuração objetivou testar a capacidade de gerenciamento do SOMA em

condições extremas e complexas, sem complicar em demasia o modelo. A fábrica produz uma família de redutores de 3 eixos paralelos com potências entre 1 e 20 kW. Os nomes dos redutores representam a sua potência, acompanhada da letra R (de redutor).

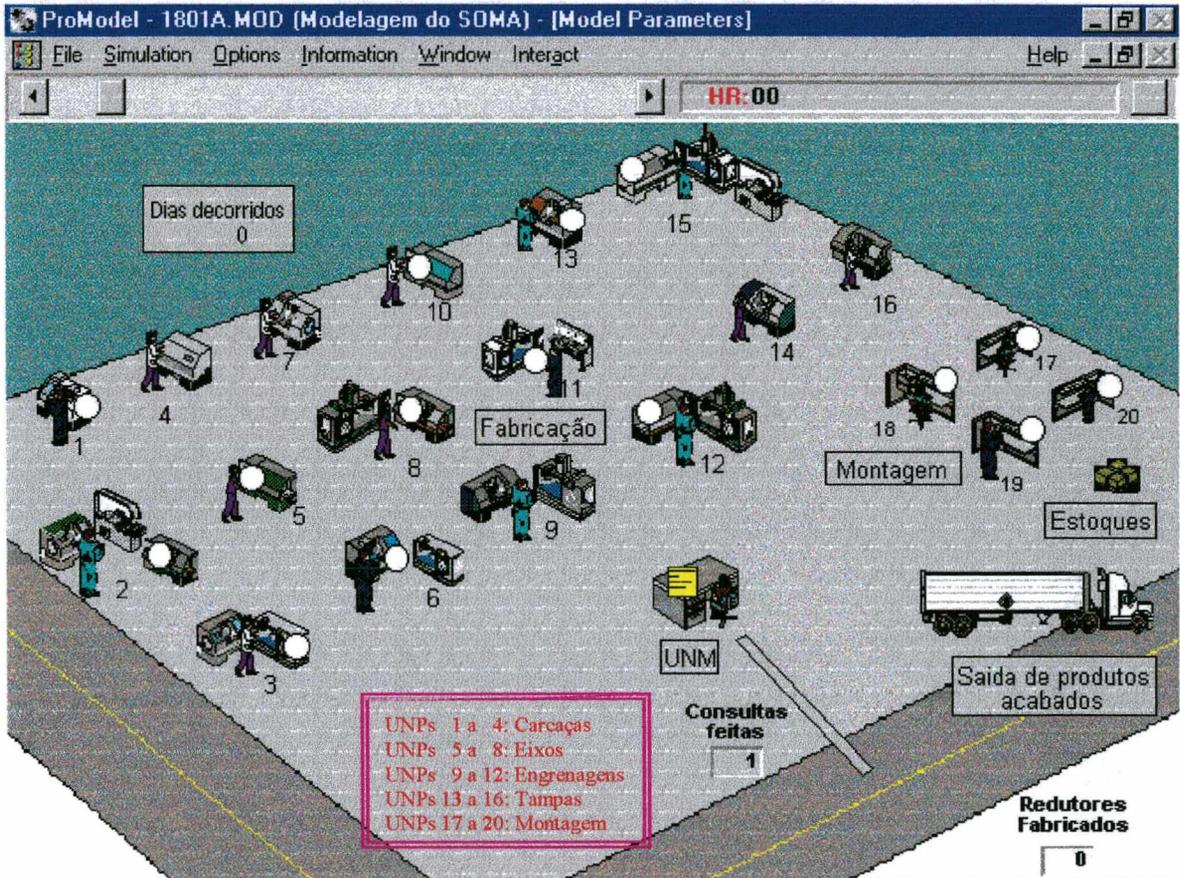


Figura 6.9 – Representação gráfica, no simulador, da Fábrica de Redutores.

A figura 6.10 apresenta o fluxo normal do processo de fabricação e, a tabela 6.1, a lista de materiais com a estrutura dos componentes fabricados (que é mantida fixa ao longo das simulações). Rolamentos, retentores, juntas de vedação, chavetas, parafusos, olhais e insumos são comprados de terceiros. São produzidos internamente, em UNPs, as carcaças (superior e inferior), eixos (entrada, intermediário e saída), engrenagens (pares de entrada, intermediárias e de saída), e tampas (cegas, para as caixas de mancais, e vazadas – com sede de retentores – para entrada e saída). Os componentes são encaminhados para UNPs de montagem que também testam o conjunto antes de despachá-los. O sistema opera em 1 turno de 8 horas, em semana de 5 dias úteis (não faz diferença para o desempenho do sistema operar em 1 ou 2 turnos, 5 ou 6 dias por semana). As UNPs procedem à inspeção dos componentes que fabricam e só liberam os que atendem aos padrões de qualidade exigidos. Os componentes de terceiros são entregues com

qualidade garantida. Os tempos de inspeção de rotina já estão contidos nos que definem a capacidade das unidades. Os componentes são entregues em lotes completos à fase seguinte de processamento, sendo seus tempos de transporte considerados desprezíveis por serem de magnitude inferior à variabilidade dos processos. A montagem só ocorre se todos os componentes estiverem disponíveis. Não foram incluídas UNSs (como de transporte, por exemplo) para não sobrecarregar em demasia o modelo. Ademais, estas pouco acrescentariam aos objetivos da avaliação.

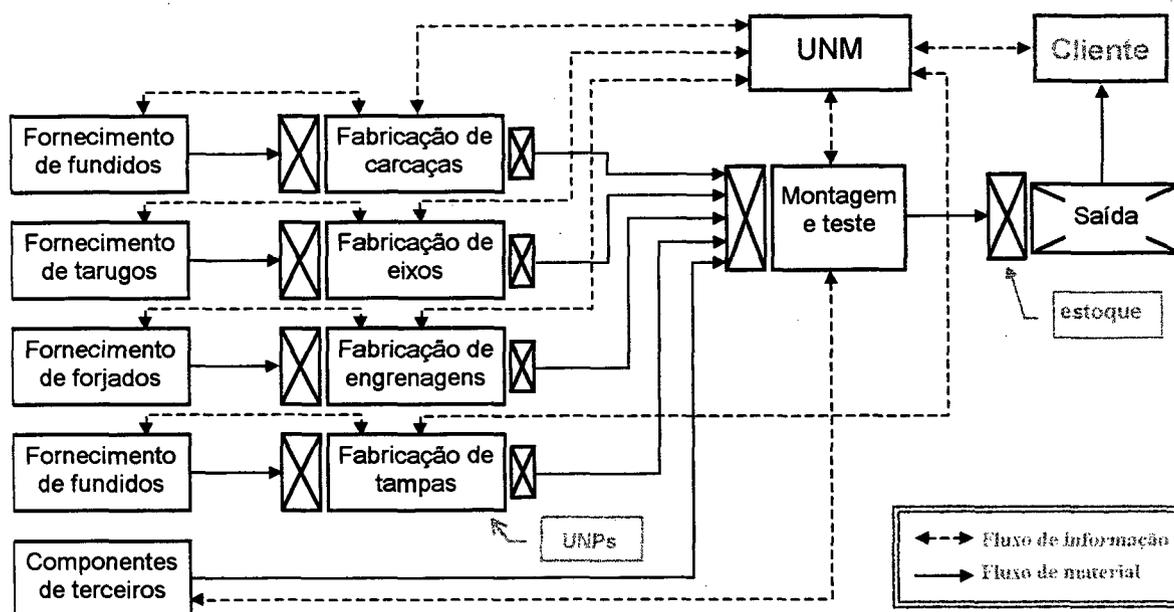


Figura 6.10 - Fluxo padrão do processo de produção dos redutores.

Operacionalmente, o sistema funciona da forma peculiar ao SOMA: A partir de uma tentativa de “empurrar” demanda à UNM (feita por consulta de um cliente do SOMA, que pode ser um PCP, um departamento de vendas da empresa, outro SOMA ou mesmo um cliente final), esta negocia as disponibilidades com as UNPs, aceitando o pedido por mais redutores apenas se conseguir preencher a capacidade (obter propostas aceitáveis de todos os tipos de UNPs). Desde a confirmação da consulta pela UNM (implicando em um contrato), o sistema funciona autonomamente e se auto-regula, com as UNPs entregando os lotes conforme negociados. Os estoques de saída de cada UNP são meramente suficientes para completar os lotes que, por sua vez, são imediatamente entregues ao seu destino (no caso, às UNPs de montagem, ou à saída).

As UNPs contratam suas matérias-primas e insumos diretamente com seus fornecedores, de acordo com as suas necessidades específicas. No modelo simulado, assumiu-se que a compra

de material de terceiros não influi no desempenho do sistema, o que pressupõe capacidade infinita dos fornecedores, e suprimento sempre disponível. Visou-se, com isso, evitar redundância no processo de análise e não mascarar o modelo com complexidades desnecessárias, já que novas variáveis seriam introduzidas no estudo, sem acrescentar elementos úteis.

Tabela 6.1 - Lista de materiais (quantidade) da linha de redutores produzida no SOMA.

<b>Redutor:</b>		R1	R3	R5	R10	R20
<b>Componentes</b>	<b>Total:</b>	15	15	15	15	15
Carcaça	superior	01	01	01	01	01
	inferior	01	01	01	01	01
Eixos	entrada	01	01	01	01	01
	intermediário	01	01	01	01	01
	saída	01	01	01	01	01
Engrenagens	entrada	01	01	01	01	01
	intermediário 1	01	01	01	01	01
	intermediário 2	01	01	01	01	01
	saída	01	01	01	01	01
Tampas dos mancais	cegas	04	04	04	04	04
	vazadas	02	02	02	02	02

### 6.2.2 Modelo Dinâmico da Fábrica de Redutores

O processo de simulação da Fábrica de Redutores se inicia pela chegada das consultas à UNP (documento amarelo mostrado na figura 6.9). A UNP então analisa os dados e, se pertinente, dispara as chamadas de proposta para as UNPs, mantendo uma cópia de controle (documentos verdes da figura 6.11). As UNPs respondem enviando suas propostas, cujo tempo, na simulação, varia aleatoriamente entre 1 e 8 horas. A figura 6.12 ilustra uma situação em que as últimas UNPs estão enviando as propostas (documentos brancos) para análise da UNM, enquanto um lote de material pronto (de contrato anterior já em execução) se dirige para o estoque. A UNM adjudica o contrato à UNP vencedora de acordo com os critérios de análise e desempate já vistos (os documentos em azul indicam contratos em andamento). O processo é repetido sempre que a UNM recebe nova consulta.

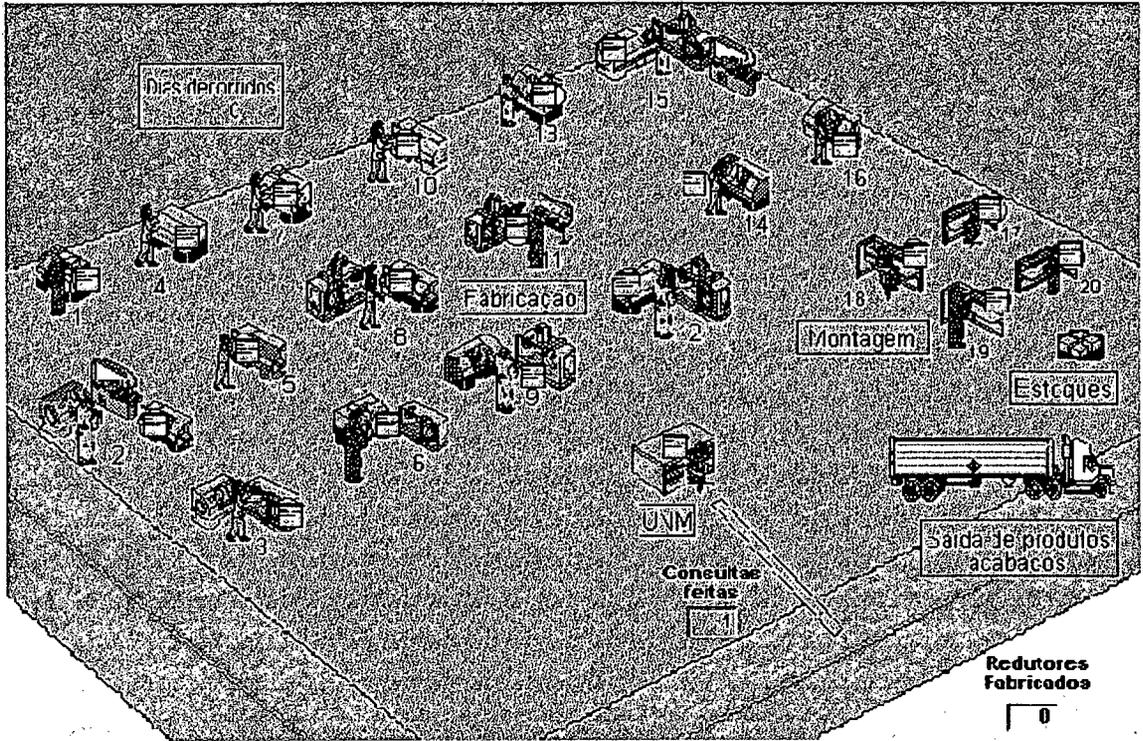


Figura 6.11 –Fábrica de Redutores: fase de emissão das chamadas de proposta.

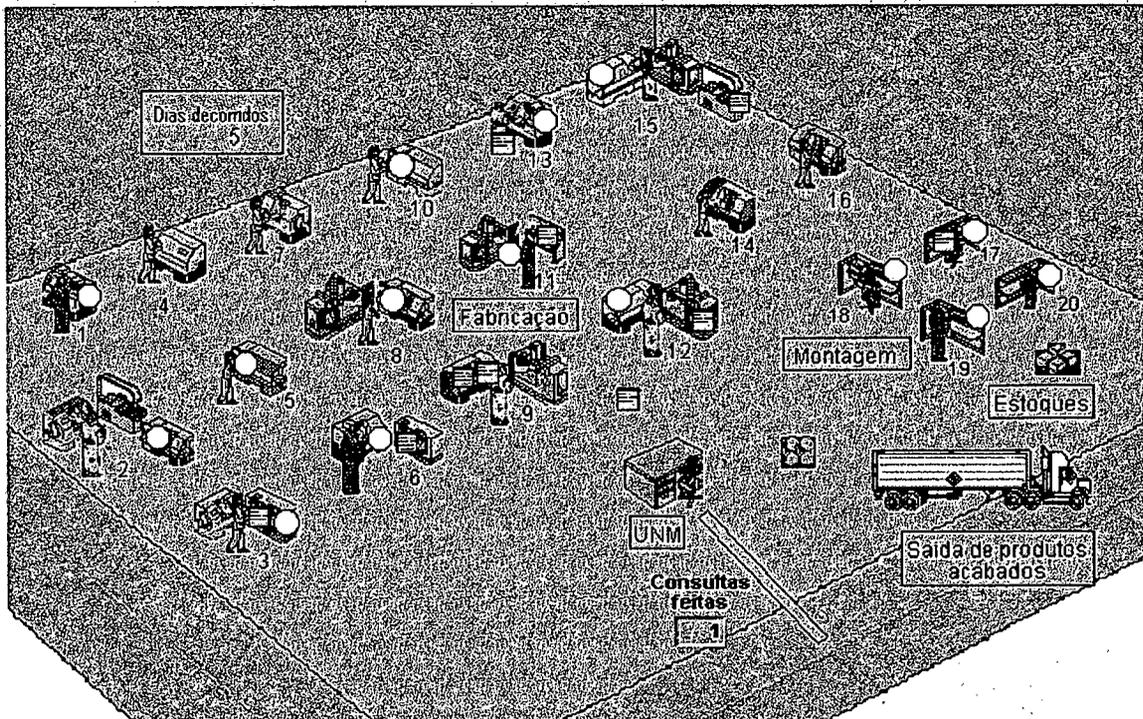


Figura 6.12 –Fábrica de Redutores: recepção e análise das propostas, entrega de lotes prontos.

O modelo dinâmico foi construído em duas etapas. Na primeira, foi implementada a Lógica de Negociação, sem se preocupar com os aspectos estocásticos. Os algoritmos foram validados pelo confronto com trabalho equivalente feito em planilha eletrônica (Excel), na qual foram testados alguns casos (naturalmente estáticos, em função das limitações da planilha) para verificação da confiabilidade dos algoritmos implementados no simulador. O anexo III traz os elementos dessa planilha com a formulação e alguns dos dados utilizados nos testes. A segunda etapa implicou na montagem dos elementos dinâmicos do modelo, pela introdução de variáveis de tempo e de alguns parâmetros estocásticos, que serão explicados a seguir, junto com os demais dados que compuseram a simulação.

A UNM busca contratar os 5 tipos de redutores de acordo com a demanda média prevista pelo seu cliente para o período de cada contrato. Esta demanda foi ajustada para variar de acordo com uma distribuição normal cujos valores das médias e desvios-padrão simulados são estabelecidos como dados de entrada em cada cenário simulado. Estipulou-se contratos para períodos de 30 dias de trabalho (úteis), com entregas distribuídas no período de acordo com o número de lotes em que foi dividido o contrato (cujo valor também é estabelecido em cada cenário). Esta opção visou simular a introdução de ajustes mensais na programação da produção e, ao mesmo tempo, evitar períodos muito longos de simulação.

Cada redutor é desdobrado, pela UNM, nos seus componentes da Lógica de Negociação para que se faça as chamadas de proposta às UNPs, assumindo as seguintes características para simulação de cada cenário:

- ◆  $C_{di} = C_d(1 + i/10)$ , onde  $i$  corresponde ao índice de cada modelo (1, 3, 5, 10 ou 20) e  $C_d = 20$  (valor em unidade monetária, fixo ao longo das simulações);
- ◆  $A_{di} = 27$  (peso da qualidade desejada);
- ◆  $G_i$ : níveis de exigência de especificações da qualidade determinados em cada cenário, de acordo com o grau de dificuldade de fabricação que se quer avaliar;
- ◆  $T_d$ : distribuição normal com média =  $T_d$  e desvio-padrão =  $20\% T_d$ .

As consultas e as chamadas de proposta seguem, nas simulações, uma seqüência única, visando facilitar o rastreamento dos dados. Assim, as consultas da UNM ocorrem de R1 a R20, na ordem, e, as chamadas de proposta, na seqüência: carcaças, eixos, engrenagens, tampas, montagem.

As UNPs têm capacidades e características similares em cada especialização (por exemplo, as 4 UNPs que podem fabricar carcaças são semelhantes entre si, e assim por diante). As UNPs que fabricam carcaças podem se habilitar às chamadas para carcaça superior ou inferior, o

mesmo acontecendo com as UNPs para tampas, que podem fazer tanto as cegas como as vazadas (tratam-se de chamadas independentes em qualquer dos casos). As características operacionais adotadas para as UNPs, dessa forma, foram assim estabelecidas:

- ◆ capacidades definidas em cada cenário, mantendo-se constantes a proporcionalidade entre modelos de redutores, de acordo com o tipo de componente (vide tabela 6.2);
- ◆ unidade de transação entre UNs baseada no lote, cujo tamanho pode variar de acordo com a demanda contratada;
- ◆ tempo de preparação equivalente a 10% da capacidade prevista para o novo lote (diferente do atual pois, se for igual, não necessita preparação) a ser produzido;
- ◆ taxa de ocupação máxima de 110% (assumiu-se que é aceitável uma UNP se sobrecarregar momentaneamente – com horas extras, por exemplo – visando otimizar sua ocupação);
- ◆ eficiência operacional igual a 100% (optou-se por evitar introduzir mais esta variável estocástica, visando manter a proporcionalidade de desempenho entre UNPs).

Tabela 6.2 - Capacidades relativas das UNPs.

Modelo:	R1	R3	R5	R10	R20
<b>Carçaça</b>	100	94	90	80	60
<b>Eixo</b>	100	96	94	75	63
<b>Engrenagem</b>	100	96	94	75	63
<b>Tampas</b>	100	96	94	75	63
<b>Montagem</b>	100	90	83	67	33

As propostas, por sua vez, partem dos valores especificados nas chamadas de proposta, mas são introduzidas variações estocásticas na resposta de cada  $UNP_j$ , da seguinte forma:

- ◆  $C_{pj}$ : distribuição Normal com média =  $C_d$  e  $s = 20\% C_d$ ;
- ◆  $T_{pj}$ : igual a  $T_d$  (assumiu-se que as UNPs sempre propõem o prazo de entrega conforme o desejado na chamada, já que teriam poucas chances se propusessem prazos diferentes);
- ◆  $Q_{pj}$ : visando introduzir, de forma simplificada, critérios para definir as capacidades de cada  $UNP_j$ , em cada nova proposta, adotou-se a seguinte lógica heurística:
  1. para cada valor de  $A_{pj}$ , sorteia-se um número inteiro gerado a partir de variável aleatória  $0 \leq w \leq 9$ ;
  2. assume-se para  $A_{pj}$  o valor determinado pelo critério determinístico:
    - se  $w = 0$ , então  $A_{pj} = 0$ ;
    - se  $1 \leq w \leq 2$ , então  $A_{pj} = 3$ ;

se  $6 \leq w \leq 9$ , então  $A_{pj} = 27$ ;

3. as sementes dos números aleatórios são mantidas constantes em cada tipo de experimento, de forma que a repetição do mesmo arranjo proposta - UNP repetirá os valores de  $A_{pj}$  (ou seja, uma UNP<sub>j</sub> sempre repetirá a capacidade para igual situação de proposta).

A seqüência de fabricação, em cada UNP, obedece ao método de menor tempo de processamento - SPT (*shortest processing time*), por ser este um dos que oferece melhor desempenho em situações desse tipo ( vide Shaw, 1987; Frazier, 1996 ).

Em um segundo grupo de simulações, são variados os valores de  $K_Q$ ,  $K_C$  e  $K_T$ , para se avaliar o impacto das mudanças de prioridade no desempenho das UNPs.

A realização dos contratos ocorre segundo os critérios descritos a seguir:

- ◆  $Q_{rj}$  assume valor igual a  $Q_{pj}$  mas sujeito a uma variação aleatória conforme seguinte lógica (que visa introduzir “acidentes de qualidade”, em uma freqüência estimada de um parâmetro de qualidade  $A_{rj}$  variando a cada dois contratos, em média):

◇ para  $\forall Q_{rj}$ , se número aleatório  $0 \leq \Psi_1 \leq 19$  for igual a 0, então:

sorteia-se outro número aleatório  $0 \leq \Psi_2 \leq 7$  e atribui-se a  $A_{rj}$ :

0, se  $\Psi_2 = 0$

3, se  $1 \leq \Psi_2 \leq 2$

9, se  $3 \leq \Psi_2 \leq 5$

27, se  $6 \leq \Psi_2 \leq 7$ ;

- ◆  $Cr_j$ : igual a  $C_{pj}$ ;
- ◆  $T_{rj}$ : distribuição Lognormal com média =  $T_{pj}$  e desvio-padrão = 20%  $T_{pj}$  (introdução de problemas característicos de cumprimento de prazos de entrega).

### 6.2.3 Estudo de Caso

O estudo de caso comprovou que as bases dos princípios teóricos estavam corretas, apresentando resultados coerentes com as expectativas. Adicionalmente, acusou algumas características que mereceriam maior atenção em implementações reais, como se verá a seguir. As simulações se basearam em cenários que foram construídos para ilustrar diversas situações de operação de um SOMA. A tabela 6.3 apresenta os parâmetros de entrada utilizados em cada caso e, a tabela 6.4, as três configurações dos parâmetros da qualidade  $G_i$  que foram adotadas. Cada cenário foi simulado por um período de 1260 horas, que representa a operação do sistema de

manufatura por 6 meses (com 22 dias úteis/mês e 8 h/dia de trabalho), acrescidos de 200 h de *warm-up* (período transiente inicial em que o sistema ainda não entrou em rotina plena e que é desprezado para efeito estatístico).

O cenário 01 (figura 6.13) serve como ponto de partida para os demais. Os seus dados de entrada podem ser encontrados nas tabelas 6.3 e 6.4 (configuração  $a$  para  $G_i$ ). Os quadros da figura 6.13, bem como dos demais cenários (Anexo II), foram obtidos das telas do simulador após concluído o período de simulação. Uma breve explicação sobre os mesmos se faz útil.

O quadro de desempenho resume as principais informações sobre a produção e o comportamento das UNPs. As colunas referentes a chamadas restritas e impedidas acumulam a quantidade de vezes que ocorreram restrições ou impedimentos relativos a parâmetros da qualidade (por exemplo, no cenário 01, as UNPs 13 a 16 não ficaram impedidas pois as tampas não contêm parâmetros dessa magnitude, como mostra a tabela 6.4).

O prêmio acumulado demonstra a situação corrente das UNPs, contabilizado o período de simulação. Como era de se esperar, é muito difícil uma UNP conseguir, por longo período, valores positivos para os prêmios, por se tratarem eles de valores objetivo. A coluna de posição relativa ordena as UNPs de acordo com o valor, em ordem decrescente, dos prêmios acumulados.

A janela referente a chamadas recusadas acusa o número de vezes que a UNM não completou uma negociação por estarem todas as UNPs ocupadas ou impedidas (o que implicou em repetir a chamada de proposta). A janela de empate mostra o número de vezes em que a UNM teve que fazer uso da rotina de desempate para decidir uma negociação.

O quadro das taxas de ocupação demonstra a situação presente das UNPs quando a simulação foi interrompida. O quadro de lotes em estoque e produzidos dá uma visão da situação presente dos estoques e do volume até então produzido. Note-se como, em cada linha, há sempre uma coluna com estoque igual a zero. Isso é decorrente da remessa dos conjuntos (um lote de cada peça) para montagem (no simulador, este quadro representa o estoque de saída das UNPs, e sempre que há componentes suficientes para montagem, estes são requisitados). O estoque para montagem, assim, só contém mais de um conjunto quando as UNPs de montagem constituem gargalo no sistema.

Tabela 6.3 – Parâmetros gerais para simulação dos cenários.

Cenário	Demanda						Desvio da demanda						Nº. lotes	Prioridades			C <sub>d</sub>	T <sub>d</sub> (h)	Nº. de turnos	G <sub>i</sub> (tab. 6.4)
	R1	R3	R5	R10	R20		R1	R3	R5	R10	R20			K <sub>Q</sub>	K <sub>C</sub>	K <sub>T</sub>				
1	960	800	800	640	480		190	160	160	130	100		1	1	1	20	40	1	a	
1a	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	
1b	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	
1c	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	b	
1d	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	c	
1e	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	b	
1f	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	c	
2	1152	960	960	768	756		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	a	
2a	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	
2b	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	
3	1440	1200	1200	960	720		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	
3a	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	
3b	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	
4	960	800	800	640	480		380	320	320	260	200		=	=	=	=	=	=	=	
5	=	=	=	=	=		190	160	160	130	100		2	1	1	=	=	=	=	
5a	=	=	=	=	=		190	160	160	130	100		1	2	1	=	=	=	=	
5b	=	=	=	=	=		190	160	160	130	100		1	1	2	=	=	=	=	
6	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		5	1	1	=	=	=	=	
6a	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		1	5	1	=	=	=	=	
6b	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		1	1	5	=	=	=	=	
7	=	=	=	=	=		=	=	=	=	=		1	1	1	=	=	=	=	
7a	1152	960	960	768	756		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	
7b	1440	1200	1200	960	720		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	
7c	1920	1600	1600	1280	960		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	
7d	2400	2000	2000	1600	1200		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	
7e	2880	2400	2400	1920	1440		=	=	=	=	=		=	=	=	=	=	=	=	



Tabela 6.4 – Parâmetros da qualidade utilizados para simulação dos cenários.

Item	Parâmetros de Q		Gi		
	Elemento	Tipo	a	b	c
Carcaça (superior e inferior)  UNPs 1 a 4 (parâmetros A)	sedes mancais	tolerância diâmetro	75	60	35
		tolerância posição	85	65	40
		concentricidade	90	65	40
	furos carcaça	tolerância rosca	35	35	35
		tolerância posição	60	60	30
	furos mancais/flanges	tolerância rosca	30	30	30
		tolerância posição	40	40	40
	faces assentamento	planeza	80	60	35
		acabamento	45	45	20
		<b>Total:</b>	<b>540</b>	<b>460</b>	<b>305</b>
	<b>PdQ (=27.G):</b>	<b>14580</b>	<b>12420</b>	<b>8235</b>	
Eixos (3 tipos básicos)  UNPs 5 a 8 (parâmetros B)	assentos: E/S, engren. mancais	tolerância	55	55	35
		tolerância	75	55	40
	rastos chaveta	tolerância	60	60	30
		tolerância posição	35	35	35
	acabamento superficial	rugosidade Ra	20	20	20
	comprimento	tolerância	25	25	25
	chanfros de saída	tolerância	10	10	10
		<b>Total:</b>	<b>280</b>	<b>260</b>	<b>195</b>
	<b>PdQ (=27.G):</b>	<b>7560</b>	<b>7020</b>	<b>5265</b>	
Engrenagens (4 tipos básicos)  UNPs 9 a 12 (parâmetros C)	diâmetro primitivo	tolerância	80	60	40
	espessura do dente	tolerância	60	60	30
	passo	tolerância	75	55	35
	diâmetro interno cubo	tolerância	55	55	30
		rugosidade Ra	30	30	30
	rasgo chaveta	tolerância	35	35	35
	largura	tolerância	20	20	20
	chanfros saída cubo	tolerância	10	10	10
		<b>Total:</b>	<b>365</b>	<b>325</b>	<b>230</b>
		<b>PdQ (=27.G):</b>	<b>9855</b>	<b>8775</b>	<b>6210</b>
Tampas de mancais (2 tipos básicos)  UNPs 13 a 16 (parâmetros D)	superfície assentamento.	planeza	60	60	30
		acabam. Superficial Ra	30	30	30
	sede retentor	tolerância diâmetro	45	45	25
		tolerância profundidade A	60	60	30
		tolerância paralelismo	45	45	25
	furos	tolerância rosca	30	30	30
		tolerância posição	45	45	25
	altura superf./fundo	tolerância	20	20	20
	diâmetro furo do eixo	tolerância	20	20	20
		<b>Total:</b>	<b>355</b>	<b>355</b>	<b>355</b>
	<b>PdQ (=27.G):</b>	<b>9585</b>	<b>9585</b>	<b>9585</b>	
Montagem  UNPs 17 a 20 (parâmetros E)	teste	torque resistivo passivo	75	50	35
		vibração a 300 rpm	85	65	40
		ruído a 300 rpm	60	60	25
		vazamento	50	50	30
	pintura	espessura	35	35	35
		riscos/falhas	30	30	30
	embalagem	acabamento	25	25	25
		etiquetas	35	35	35
		<b>Total:</b>	<b>395</b>	<b>350</b>	<b>255</b>
		<b>PdQ (=27.G):</b>	<b>10665</b>	<b>9450</b>	<b>6885</b>

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	38
R3	34
R5	33
R10	32
R20	30
<b>TOTAL</b>	<b>187</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	66	69	2,10	13
UNP2	0	72	85	1,75	9
UNP3	1	66	108	1,48	6
UNP4	3	66	64	1,61	13
UNP5	11	23	158	0,4	4
UNP6	8	26	118	1,63	7
UNP7	11	20	132	1,88	11
UNP8	11	17	130	1,65	6
UNP9	7	55	108	2,88	15
UNP10	7	47	225	4,37	18
UNP11	7	51	104	4,32	17
UNP12	6	61	154	2,02	12
UNP13	67	0	285	3,48	19
UNP14	58	0	268	6,04	23
UNP15	62	0	283	2,38	14
UNP16	57	0	284	4,62	18
UNP17	3	16	34	49	3
UNP18	2	18	40	1,03	8
UNP19	0	17	89	34	2
UNP20	0	19	19	16	1
<b>Total</b>	<b>315</b>	<b>640</b>	<b>357</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

7

Chamadas recusadas

54

Número de empates ocorridos nas chamadas

7

Número de lotes das chamadas

10

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	83,52
UNP2	28,70
UNP3	36,05
UNP4	61,67
UNP5	78,34

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	63,11
UNP7	44,49
UNP8	60,27
UNP9	48,21
UNP10	71,32

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	36,77
UNP12	52,38
UNP13	82,67
UNP14	100,34
UNP16	84,50

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	36,68
UNP17	32,85
UNP18	78,83
UNP19	60,61
UNP20	19,77

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	2	2	3	6	2	7	3	4	2	3	4	0	4	2	2
R3	5	6	4	3	1	3	2	6	2	5	0	1	3	1	2
R5	6	0	2	0	3	3	2	2	2	2	2	1	3	8	2
R10	5	4	0	1	2	2	1	3	6	2	3	3	4	2	1
R20	6	8	5	2	4	6	1	7	8	6	0	3	4	4	4
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>376</b>		<b>538</b>			<b>739</b>				<b>1080</b>					

Figura 6.13 - Cenário 01 da simulação da fábrica de redutores.

No exemplo simulado já se observa que os estoques zerados concentram-se nas tampas e eixos, o que corresponde, não por coincidência, ao grupos de UNPs com taxas de ocupação mais altas (05 a 08 – eixos, e 13 a 16 – tampas). Os desequilíbrios nas taxas de ocupação de um mesmo grupo se deve ao tamanho dos lotes: quando uma UNP ganha um contrato, sua taxa se eleva significativamente em relação à demais.

No Anexo II podem ser encontrados alguns dos outros casos simulados, cujos parâmetros de análise encontram-se nas tabelas 6.3 e 6.4. O caso apresentado no quadro AII1 (cenário 1a) refere-se à mesma condição do cenário 01, mas com os contratos divididos em 40 lotes. Pode-se notar uma melhor distribuição das taxas de ocupação mas, por outro lado, uma queda de produção. Observa-se que, para uma mesma produção, o número de lotes produzidos aumentou 68% mas, como o tamanho de cada um foi reduzido a 25% em relação ao caso anterior (já que a mesma demanda foi dividida em 4 vezes mais lotes), isso significa que a produção efetiva caiu, uma vez que seria de se esperar uma produção de 4 vezes mais lotes para se manter o mesmo ritmo inicial. A diferença ocorrida é explicada pelo aumento dos tempos de preparação interpostos pelas mudanças mais frequentes de tipos de lotes produzidos.

Na seqüência, simula-se uma situação similar, mas com os contratos divididos em 20 lotes, para se avaliar uma condição intermediária (quadro AII2, cenário 1b). Verifica-se o que já era esperado: aumento no número de lotes produzidos (+52%), para um tamanho de lote que se reduziu à metade. Tem-se também uma situação intermediária quanto à distribuição das taxas de ocupação e quanto ao número de chamadas recusadas (que tende a ser maior com tamanhos de lotes maiores, em função da sua maior representatividade em relação à capacidade de cada UNP). A fim de demonstrar o efeito das restrições e dos impedimentos nos parâmetros da qualidade  $G_i$  (tabela 6.4), foram testados os cenários 1c a 1f (quadros AII3 a AII6), nos quais se utilizou os parâmetros  $b$  e  $c$  de  $G_i$ . Pode-se observar a queda natural no número de chamadas recusadas. Não há alteração na produção, uma vez que as restrições e impedimentos não eram óbices a ela.

Em um segundo conjunto de simulações (cenários 02 e 03), introduziu-se aumentos de demanda da ordem de 20% e de 50% sobre a original, mantendo-se os contratos divididos em 10, 20 e 40 lotes em cada caso (o que implica em aumentar o tamanho dos lotes na mesma proporção da demanda). Os resultados podem ser vistos nos anexos AII7 a AII12, cujos dados estão resumidos na tabela 6.5, para uma melhor visão de conjunto. Observe-se o surgimento de gargalos, particularmente nos contratos de 10 lotes, onde as UNPs 17 a 20, em função de sua capacidade limitada, são obrigadas a se restringir a poucos contratos simultâneos. Nos demais

casos, os gargalos surgem também nas UNPs 1-4 (carcaças) e 13-16 (tampas). A situação é mais crítica, sob todos os aspectos, nos contratos de 10 lotes, cuja produção também não aumenta na proporção da demanda. O aumento da produção também não ocorre proporcionalmente no caso de aumento em 50% com contratos de 20 lotes, em função dos gargalos surgidos (refletido no aumento de chamadas recusadas).

Tabela 6.5 - Resumo dos dados de produção dos cenários 02 e 03.

	Demanda Normal		Demanda + 20%		Demanda + 50%	
	Produção	Ch. Recusadas	Produção	Ch. recusadas	Produção	Ch. Recusadas
10 lotes	167	54	156	104	137	139
20 lotes	254	36	255	29	232	89
40 lotes	281	31	281	31	279	28

É interessante notar como a produção é sensível ao tamanho dos lotes (ela, inclusive, cai em função da desproporção entre o tamanho do lote e a capacidade das UNPs, como é claramente observável no caso dos contratos de 10 lotes). Na melhor situação até agora vista, com contratos de 40 lotes, a produção aumenta proporcionalmente (visto o número de lotes produzidos constante), refletindo em maior taxa de ocupação média das UNPs.

Avaliou-se, no cenário 04, a reação ao aumento da variabilidade da demanda (Anexo AIII3, baseado no cenário 1b, no qual se dobrou o desvio padrão da demanda. Observa-se que o SOMA se comportou bem em relação a este aumento de turbulência do mercado, sem introduzir variações representativas na produção média do período. O cenário 09, comentado adiante, detalha aspectos relacionados ao desvio da demanda.

Nos cenários 05 e 06 (Anexos AIII4 a 19, também baseados no cenário 1b) testou-se a reação às variações de prioridade em relação a qualidade, custo e prazo de entrega, cujos fatores  $K_Q$ ,  $K_C$  e  $K_T$  foram aumentados para 2 e 5, em cada caso. Como se pode ver, o SOMA se comportou como esperado, havendo, em alguns casos, algum comprometimento da produção em decorrência das novas exigências colocadas, refletidas no aumento do número de chamadas recusadas.

Simulou-se também, no cenário 07 (Anexos AII20 a 25) uma situação onde o número de lotes dos contratos permaneceu fixo (60) e a demanda foi progressivamente aumentada, desde a inicial até um incremento de 200%. Como este tamanho de lote é razoavelmente grande para permitir uma distribuição mais equitativa de contratos, facilitou visualizar o incremento progressivo da produção e, por consequência, das taxas de ocupação das unidades. Observa-se

claramente que os gargalos começam a surgir a partir da demanda em +150%, com conseqüente incapacidade do SOMA de acompanhar este aumento.

No cenário 08 (Anexos AII26 a 30), fixou-se a demanda em um nível de +100% em relação à originalmente estabelecida e se fez variar o número de lotes dos contratos, desde 10 até 80, visando avaliar mais em detalhes o seu impacto. Como dobrou a demanda, dobraram também os tamanhos dos lotes. Verifica-se, então, nos casos de menor número de lotes, situações nas quais UNPs têm que se contentar em aceitar apenas um ou dois contratos em função da sua capacidade (que permaneceu constante), gerando, inclusive, desequilíbrios nas taxas de ocupação, com conseqüências em perdas de produção. À medida em que os contratos são mais atomizados, este problema começa a diminuir, dando lugar aos surgidos pela queda de desempenho em função do aumento dos tempos dedicados a preparação. A tabela 6.6 apresenta um resumo desta situação (os dados da demanda normal foram extraídos dos cenários 01 e 07).

Tabela 6.6 - Resumo dos dados de produção do cenário 08.

Nº. de lotes por contrato	Demanda Normal			Demanda +100%		
	Produção real	Prod. Esperada <sup>1</sup>	Variação (%) <sup>2</sup>	Produção real	Prod. Esperada <sup>1</sup>	Variação (%) <sup>2</sup>
10 lotes	167	167	0	96	96	0
20 lotes	254	334	- 24	179	192	- 7
40 lotes	281	668	- 58	263	384	- 31
60 lotes	281	1002	- 72	281	576	- 51
80 lotes		1336	- 79	281	768	- 63

1 - em relação à produção em 10 lotes por contrato  
2 - relação entre produção esperada e ocorrida entre dois níveis sucessivos de nº. de lotes

É curioso notar como as perdas de desempenho devido ao aumento do tempo dedicado a preparação são diferentes nas duas situações analisadas devido, justamente, aos tamanhos dos lotes em cada caso.

No cenário 09 (Anexos AII31 a AII40) foi avaliado, mais em detalhes, o impacto da variabilidade da demanda, através do aumento do seu desvio padrão. Partiu-se de uma situação fixa de demanda (+100% em relação à original) e se variou o desvio padrão em +20% e em +50% para cada número de lotes por contrato adotado até aqui (10, 20, 40, 60, 80). A tabela 6.7 sintetiza os resultados obtidos para facilitar a sua visualização (os dados de desvios da demanda originais foram compilados do cenário 08). Confirma-se a avaliação feita no cenário 04, e demonstra que o SOMA suporta bem variações aleatórias da demanda. Observe-se, adicionalmente, que o sistema se mostra gradualmente mais estável à medida em que se aumenta o número de lotes por contrato, ou seja, em que se permite mais facilmente introduzir novos contratos no *mix* de produção das UNPs.

Tabela 6.7 - Resumo dos dados de desvio da demanda do cenário 09.

Nº. de lotes por contrato	Desvio da demanda	Lotes produzidos
10 lotes	Original	96
	+ 20%	103
	+50%	103
20 lotes	Original	179
	+ 20%	190
	+50%	185
40 lotes	Original	263
	+ 20%	264
	+50%	267
60 lotes	Original	281
	+ 20%	281
	+50%	281
80 lotes	Original	281
	+ 20%	281
	+50%	281

#### 6.2.4 Resultados

Apesar dos resultados das simulações terem confirmado a operacionalidade do SOMA, foram observados dois aspectos que merecerão um maior cuidado em implementações reais:

1. A aleatoriedade da distribuição dos contratos que permite a ocorrência de situações de UNPs muito ocupadas convivendo com outras mais ociosas, sem que qualquer controle seja imposto ao conjunto. O mecanismo de avaliação de desempenho do SOMA apenas avisa a existência dessas situações. No mundo real, esta situação pode acontecer no caso em que diferenças de desempenho sejam flagrantes e mereceriam ajustes para correção de distorções.
2. A falta de controle interno sobre os estoques de produtos nas UNPs, que enseja a criação de mecanismos internos às UNPs para evitar a explosão desnecessária dos mesmos.
3. A utilidade restrita do indicador de posição relativa, dado que ele só é válido entre UNPs similares em função das características da função objetivo. Esta tende a gerar médias cada vez mais negativas à medida que se cumpre novos contratos, colocando em desvantagem as UNs que executam mais contratos em dado período (como as UNPs de tampas, que executam, em média 6 contratos por lote de redutor, enquanto as de montagem só executam um)

Considerando estes aspectos como solucionáveis, pode-se dizer que o SOMA apresentou comportamento bastante razoável nos testes, correspondendo às expectativas nele depositadas. Os resultados de desempenho foram coerentes com as necessidades de um sistema de manufatura que o SOMA pretendeu atingir. Os principais aspectos a destacar dessa avaliação são:

- ◆ como mecanismo de programação da produção, o modelo preencheu os requisitos necessários, distribuindo a carga de produção de forma simples e eficaz, sem ter que usar recursos sofisticados para tanto;
- ◆ o controle dos gargalos é transparente: as UNs que preenchem sua capacidade acusam de imediato sua situação, e as alternativas de roteamento são conseguidas automaticamente a partir do mecanismo de chamada de novas propostas, sem necessidade de se apelar para recursos externos de avaliação previstos na TOC;
- ◆ o modelo se mostrou bastante flexível, absorvendo oscilações de demanda previsíveis e imprevisíveis com relativa facilidade e sem perturbar o desempenho do conjunto;
- ◆ da mesma forma, também absorveu bem variações de prioridade de qualidade, custo e prazo de entrega, nos moldes definidos pelo modelo de negociação;
- ◆ o mecanismo de restrição e impedimento para orientação da capacidade mostrou-se eficaz para qualificação das UNPs durante o processo de chamada de novas propostas;
- ◆ o modelo mostrou-se apto a operar em ambientes TQC, em função da seu mecanismo natural de seleção por critérios de qualidade, que possibilita também a rastreabilidade dos produtos;
- ◆ o mesmo acontece em relação aos ambientes JIT, já que o SOMA valoriza a entrega dos lotes nos prazos contratados como parte intrínseca de seu mecanismo de gestão da produção através da Lógica de Negociação.

## 7 Conclusão

A tese desenvolvida neste trabalho procurou trazer uma contribuição para o processo de consolidação de novos conceitos para gerenciamento da manufatura, uma necessidade surgida em decorrência das rápidas mutações ocorridas nos últimos anos que afetaram toda a indústria moderna. Nesse sentido, o modelo do SOMA apresentou resultados bastante interessantes e promissores ao atacar, de forma sistêmica, alguns dos aspectos mais críticos do gerenciamento do chão de fábrica. Chegou-se a um modelo simples mas inovador, aproveitando-se muito do senso comum e da experiência já existentes na indústria e na academia. Sem se enquadrar como uma proposta revolucionária, o SOMA se apresenta como uma alternativa de síntese potencialmente poderosa para os sistemas de manufatura que se enquadram no perfil objeto do estudo.

Como ponto central do estudo, foi possível comprovar que é possível operar sistemas de gerenciamento do chão de fábrica com alto nível de autonomia das unidades mantendo-se o controle e a sinergia das partes em torno de objetivos comuns. O modelo gerado introduz alguns aspectos que se destacam e que merecem ser ressaltados:

- a) a capacidade de conciliar estratégias corporativas com os conceitos de autonomia, resultando em um sistema efetivo de produção, efeito conseguido pelo foco das unidades em suas competências essenciais e, do conjunto, no mercado;
- b) a facilidade para agregar as competências necessárias através da reconfiguração do sistema ou da incorporação de recursos externos sem necessidade de alterar a lógica de funcionamento do conjunto;
- c) a modularidade e padronização das interfaces entre as unidades, que permite:
  - ◊ construção de sistemas produtivos complexos baseados em módulos simples e em uma única lógica;
  - ◊ gerenciamento facilitado pelo apoio de ferramentas simples de custeio e de avaliação de desempenho;
  - ◊ reconfiguração rápida do sistema para suprir demandas oriundas de novos *mix* de produtos, escala de produção ou necessidades dos processos;
  - ◊ evolução do sistema de acordo com a necessidade ou disponibilidade tecnológica, já que ele é independente das plataformas das quais faz uso;

- d) o papel dos colaboradores como chaves nos processos de decisão, principalmente no que tange ao gerenciamento das unidades ao desenvolvimento de novos produtos e das melhorias dos processos;
- e) a valorização do uso das ferramentas para automação como elementos intrínsecos ao próprio modelo mas como meio de garantia de evolução do desempenho do sistema (e não como um fim em si mesmas).

Estas características conferem ao SOMA grande versatilidade, facilitando, inclusive, a sua adaptação às empresas hoje existentes sem necessidade de grandes investimentos iniciais (apesar das profundas mudanças organizacionais envolvidas).

O modelo do SOMA oferece, em função das suas características peculiares, grande potencial para alavancagem da competitividade da indústria de manufatura em cenários mais desfavoráveis de organização e infra-estrutura, como é o caso de países com industrialização mais recente, como o Brasil. Dois aspectos se destacam:

- ◆ o fato de que a industrialização recente ainda não cristalizou fortemente uma cultura organizacional em moldes tradicionais, o que facilita a introdução das mudanças estruturais necessárias à composição de sistemas de manufatura baseados no SOMA;
- ◆ o potencial para aproveitamento de soluções criativas e adaptadas a realidades específicas, visando o máximo aproveitamento dos recursos existentes na região, principalmente aqueles possíveis de serem valorizados pelos colaboradores;
- ◆ a possibilidade de se constituir empresas com porte e competência capazes de competir, em um cenário globalizado, a partir da agregação de micro e pequenas empresas organizadas cooperativamente em torno de um SOMA (uma perspectiva a se explorar, dado o potencial do modelo).

De qualquer forma, é preciso ter consciência de que a implantação efetiva do SOMA em qualquer empresa exige uma mudança substancial na sua cultura organizacional, o que não é uma tarefa fácil. Uma das principais dificuldades inerentes ao modelo é a necessidade de disciplina organizacional e gerencial, sem a qual certamente qualquer implementação estará fadada ao insucesso. Demanda, assim, um trabalho cuidadoso de planejamento que precisa incluir a adequada preparação do pessoal envolvido antes de se começar qualquer treinamento específico ou projeto de implantação.

É preciso ainda ter muito cuidado com as implicações decorrentes da introdução de um modelo totalmente novo de gerenciamento que não conta com precedentes de implantação, como é o caso do SOMA. É natural que haja dificuldades para se lidar com os impactos decorrentes

das mudanças e com os aspectos críticos relacionados à execução do projeto. Por mais cuidado que se tenha no desenvolvimento de um modelo teórico, sempre surgem elementos específicos a se considerar em qualquer implementação prática.

Esta inexistência de precedentes, a propósito, constituiu um dos principais obstáculos que este trabalho teve que superar, dada a falta de sistemas reais que pudessem servir, mesmo que parcialmente, de referência para embasar a construção e validação do modelo do SOMA.

Essa limitação acabou sendo útil para provocar a elaboração de um modelo formal que suprisse as deficiências decorrentes de não se ter experimentação prática, permitindo desenvolver um trabalho de síntese que extrapolou a simples análise, alcançando-se resultados interessantes. Os diversos aspectos já mencionados permitem inferir o potencial do modelo, inclusive quanto ao seu caráter estratégico e o seu impacto na sociedade.

Talvez uma das contribuições mais importantes desta tese esteja relacionada à abrangência da abordagem. Ao extrapolar a perspectiva exclusivamente técnica e incorporar os também alguns imprescindíveis aspectos econômicos e humanos do problema, permitiu a construção de um modelo que se poderia dizer completo. Completo não significa ótimo, muito menos perfeito. Significa que procurou responder, de forma integrada, às necessidades como colocadas pelo mundo real, a despeito de se tratar de um modelo teórico. Nesse sentido, alguns outros aspectos se destacam do modelo do SOMA:

- a) A sua habilidade em unir, num modelo simples, perspectivas genéricas e particulares necessárias à sua construção, desde a etapa da definição de estratégias até a implementação: nessa ótica, o modelo cuidou dos diversos problemas relacionados à alocação dos recursos (notadamente materiais e informação), bem como da organização do sistema para que pudesse cumprir de forma efetiva suas funções.
- b) O uso da Lógica de Negociação, baseada em fundamentos econômicos e da qualidade para constituir a base do gerenciamento técnico do sistema: estes fundamentos, por estarem presentes no cotidiano das relações entre pessoas ou organizações, permitem o fácil aprendizado das técnicas necessárias para o gerenciamento das unidades de forma efetiva, além de permitir a organicidade do conjunto sem se recorrer a estruturas e mecanismos complexos. A Lógica de Negociação permitiu também a explicação do modelo de forma simples, usando-se conceitos já dominados e aceitos pelo senso comum, o que evitou a necessidade de se criar metáforas qualificadoras (a exemplo de fractais, hólons, etc.) que, se por um lado orientam o entendimento, por outro impõem

restrições à compreensão e ao desenvolvimento por terem de recorrer a adaptações e simplificações.

- c) A abordagem *bottom-up*, a partir do chão de fábrica, que conseguiu reproduzir mais fielmente as necessidades reais da manufatura, priorizar e centrar o foco nas unidades que efetivamente produzem, além de simplificar o modelo, “enxugando-o dos supérfluos” que contaminam os sistemas centralizados.
- d) Incorporação do desenvolvimento tecnológico recente de forma simples, integrada e evolutiva. Ou seja, é intrínseco ao SOMA o uso das ferramentas modernas de CAX, bem como dos sistemas de informação e de comunicação avançados. Apesar disso, ele permite constituir sistemas simples, despojados de tecnologia sofisticada. A adoção gradual destas tecnologias ocorre à medida em que ele evolui e busca as naturais melhorias de desempenho. Destaque-se, nesse sentido, o papel desempenhado pelos sistemas de informação e de comunicação eletrônica, importantes auxiliares para a integração efetiva das diferentes unidades que constituem o SOMA e que devem ser considerados como os primeiros a serem implantados, mesmo que de forma elementar.
- e) Reposicionamento do papel do homem como elemento fundamental da organização, no qual se destaca a valorização da sua experiência e das suas habilidades naturais (discernimento, sensibilidade, destreza, intuição), bem como das suas capacidades de aprendizado e de relacionamento. Estes elementos são fundamentais para lidar com as condições difusas características do dia-a-dia da manufatura. Além disso, são eles que permitem a valorização do trabalho em equipe e o desenvolvimento das competências individuais, do grupo, da unidade (pela padronização dos métodos) e do conjunto (pela agregação das unidades em torno de objetivos comuns, inclusive quando do desenvolvimento de novos produtos ou aperfeiçoamento dos processos). Destaque-se o papel de principal coadjuvante desempenhado pela Lógica de Negociação como elemento básico de gerenciamento e de apoio à tomada de decisão.
- f) Reunião, pelas competências essenciais, das habilidades humanas com as capacitações técnicas em torno de objetivos bem definidos. Elas têm a importante responsabilidade de delimitar o escopo e abrangência de cada unidade, garantindo o melhor conjunto possível pela otimização das partes sem, contudo, tolher-lhes a liberdade de criar e evoluir. Isso significa, para o SOMA, evitar redundâncias, preencher lacunas, ocupar novos espaços, ter senso de direção. Em última instância, as competências essenciais

também definem a orientação estratégica do conjunto e, por consequência, da empresa como um todo.

Sob o ponto de vista mais estritamente acadêmico, esta tese apresentou algumas outras contribuições, dentre as quais poderiam ser acrescentadas:

- ◆ a metodologia adotada para definição e construção do modelo, baseada em uma feliz associação das ferramentas de AOO e de simulação, o que permitiu atender às necessidades de formalismo e chegar-se a resultados válidos e interessantes com esforços humanos e computacionais razoáveis;
- ◆ o poder de síntese apresentado pelas três variáveis escolhidas para definição da Lógica de Negociação (Q, C, T) que, associado à arquitetura modular e autônoma, permitiu simplificar sobremaneira não só o gerenciamento, mas também os mecanismos de avaliação de desempenho do sistema;
- ◆ a integração conseguida entre os sistemas de custeio e de avaliação de desempenho de forma que poucos indicadores pudessem substituir praticamente toda uma miríade de dados necessários para o acompanhamento das unidades e do conjunto, além de também servir de base para a elaboração e avaliação de propostas;
- ◆ o mecanismo de controle assíncrono do SOMA, certamente uma evolução no sentido de traduzir, para o mundo da manufatura, a forma de relacionamento encontrada no mundo real (e econômico, quando se considera a Lógica de Negociação como uma reprodução dos modelos que regem as relações econômicas da sociedade);
- ◆ a forma simples e eficaz de se lidar com o problema do caos nos sistemas distribuídos, aproveitando-se das características intrínsecas do próprio modelo.

Alguns outros aspectos de caráter mais geral poderiam ainda ser lembrados como contribuição acadêmica desta tese e que poderão ser úteis em outros trabalhos futuros:

- ◆ os estudos feitos sobre as tendências da manufatura moderna, bem como sobre as técnicas de custeio e de avaliação de desempenho;
- ◆ o levantamento e análise das ferramentas de modelagem mais utilizadas em manufatura;
- ◆ a ampla pesquisa bibliográfica realizada para consolidação das idéias e dos pontos de vista adotados;
- ◆ os trabalhos já publicados como fruto das etapas de desenvolvimento da tese e que serviram para testar e validar os seus objetivos e as idéias neles contidas (ver Fernandes & Lepikson, 1995; Lepikson, 1995a; Lepikson, 1995b; Lepikson, 1995c; Queiroz &

Lepikson, 1996; Lepikson & Queiroz, 1997; Lepikson et alli, 1997; Queiroz & Lepikson, 1997).

Por último, é preciso considerar que esta tese se propôs a ser um ponto de partida, um primeiro passo, para consolidação de novos métodos para gerenciamento da manufatura. Como tal, se ela apresentou algumas alternativas e respostas interessantes, deixou também uma quantidade muito maior de idéias e de problemas por explorar, já que extrapolavam os objetivos do trabalho. Algumas abordagens, em especial, mereceriam maior atenção em trabalhos futuros, agregando outras disciplinas do conhecimento:

- ◆ desenvolvimento dos aspectos estratégicos associados à implantação do SOMA, envolvendo as questões de posicionamento mercadológico e tecnológico das empresas;
- ◆ estudo dos impactos culturais associados a este modelo diferenciado e à sua inserção em uma realidade que não coaduna com seus princípios;
- ◆ aprofundamento dos estudos sobre o papel do colaborador no SOMA e os impactos recíprocos determinados pelo novo modelo de organização humana do trabalho, incluindo os aspectos sociais e psicológicos envolvidos;
- ◆ detalhamento da proposta econômico-financeira contida no modelo e do seu impacto em um sistema mais amplo;
- ◆ estruturação de uma arquitetura informacional que possibilite o afloramento, de forma transparente e natural, de estruturas produtivas baseadas no SOMA.

Além desses aspectos mais amplos, muitos dos problemas abordados neste trabalho de tese merecerão detalhamento e estudos técnicos mais aprofundados. Entre eles, os mais importantes sugeridos para continuidade imediata da linha de pesquisa aqui iniciada seriam:

- ◆ extrapolar o modelo do SOMA para outros perfis similares de manufatura, com poucas adaptações técnicas e nenhuma modificação conceitual (principalmente para os casos de indústrias com algumas características parecidas com a aqui explorada, como confecções, calçados, eletrônica, materiais para construção civil e outras);
- ◆ desenvolver a integração entre vários SOMAs para testar e validar a operação de sistemas mais complexos, agregando elementos do gerenciamento de redes de fornecimento (*supply chain management*);
- ◆ expandir o modelo para agregar empresas distintas, constituindo redes de fornecimento nos moldes sugeridos pelas propostas das empresas estendidas ou virtuais;

- ◆ adaptar o modelo para outros tipos de manufatura, principalmente aqueles que têm uma produção menos repetitiva e que impõem novos desafios para garantia do desempenho e estabilidade do sistema;
- ◆ estender o conceito de UN para outras áreas da empresa não relacionadas com a manufatura, tais como compras, finanças, marketing, assessoria jurídica, etc.
- ◆ testar o modelo do SOMA em situação real, através da implantação em uma empresa, como complementação aos modelos simulados aqui apresentados;
- ◆ aprofundar os mecanismos para fixação e desenvolvimento de competências essenciais (atuais e novas) a longo prazo;
- ◆ estudar o impacto das mudanças organizacionais e culturais impostas à empresa pelo modelo (o que inclui os requisitos para formação – educação e treinamento – dos colaboradores);
- ◆ complementar o modelo com a integração dos elementos culturais e sócio-psicológicos contidos no conceito do SOMA;
- ◆ delinear os conceitos organizacionais para formação de colaboradores e coordenação de times dentro dos conceitos do SOMA (inclusive sistemas de remuneração apoiados em premiação);
- ◆ detalhar os métodos previstos no modelo para desenvolvimento de parcerias, incluindo projeto de produtos e aperfeiçoamento integrado dos processos produtivos;
- ◆ definir mecanismos para controle dos estoques de produtos internamente às UNPs, mais especificamente;
- ◆ desenvolver meios para que a Lógica de Negociação considere critérios de prioridade baseados na maior ou menor taxa de ocupação das UNs;
- ◆ aperfeiçoar a Lógica de Negociação para que ela também gerencie mecanismos de prioridade de contratos para que contratos que deixem de ser prioritários possam ser controladamente postergados;
- ◆ implementar os programas necessários (detalhamento dos algoritmos do modelo da AOO) para poder se contar com um conjunto de softwares integrados para o gerenciamento do SOMA em uma implementação de indústria;
- ◆ detalhar os modelos de custeio e de avaliação de desempenho ao nível dos algoritmos necessários para suporte automatizado ao SOMA;

- ◆ padronizar e testar alternativas de bases de dados, intercâmbio eletrônico de dados, interfaces com os usuários e de redes locais de comunicação que possam constituir módulos padrões do SOMA;
- ◆ desenvolver conjunto de softwares para interfacear as diversas CAx que podem apoiar o funcionamento do SOMA de forma otimizada em implementação de indústria;
- ◆ criar interfaces com os usuários que orientem os padrões para operação do SOMA;
- ◆ ajustar esses recursos de software desenvolvidos para se ter um sistema modular e padronizado apto a ser utilizado em agrupamentos de pequenas e médias empresas.

Como se pode perceber, há muito trabalho por fazer. Espera-se que este possa ter sido um bom início para consolidação dos novos conceitos aqui sugeridos para a manufatura, e que isto possa ocorrer a partir da integração das necessidades do setor produtivo com o potencial existente na academia.

## 8 Referências Bibliográficas

- Adhikari, S.B.- A Conceptual Framework for Defining, Modeling, Enacting, Measuring and Improving Concurrent Enactable Processes. Proc. of CE94 Conf. - Concurrent Eng.: Research and Applications, Pittsburg, pp. 499-504, Aug. 29-31,1994. 587
- Aguiar, M.W.C.; Weston, R.H.- CIM-OSA and Stochastic Time Petri Nets for Behavioral Modelling and Model Handling in CIM Systems Design and Building. Proc. Instn. Mech. Engrs, v. 207, part B- Journal of Engineering Manufacture, pp. 147-58, 1993. 602
- Allaire, Y.; Firsirotu, M.- Coping with Strategic Uncertainty. Sloan Management Review, p. 7-16, spring 1989. 65
- Almeida, D.A.; Almeida, R.A.- A Methodology for Economic Analysis of Material Flow Network. Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods, Gramado, pp.113-21, March 21-24,1994. 481
- American Supplier Institute. Quality Function Deployment- Implementation Manual. American Supplier Institute Inc., 420 p. (2 vols.), 1989. 292
- Anfindsen, O.J.- Dynamic Cooperation between Database Transactions by Means of Generalized Isolation Levels. Proc. of CE95 Conf. - Concurrent Engineering: Global Perspective, McLean, VA, pp. 249-60, August 23-25,1995. 542
- Ang, C.L.- On the Performance of Hybrid Multi-Cell Flexible Manufacturing System. Int. J. Prod. Research, v. 33, n. 10, pp. 2779-99, 1995. 744
- Anjanappa, M. et alii. Manufacturability Analysis for a Flexible Manufacturing Cell. Transactions of the ASME, v. 113, p. 272-8, dec. 1991. 121
- Anon.- Software Makes Manufacturing More Agile. American Machinist, pp. 50-51, April 1995.
- Aquilano, N.J.; Chase, R.B.; Davis, M.M.- Fundamentals of Operations Management. Irwin (Chicago), 695 p., 1995. 170
- Arzi, Y.- Distributed Dynamic Production Control in a Multi-cell Flexible Manufacturing System. Journal of Materials Processing Technology, v. 52, pp. 83-90, 1995. 724
- Bacic, M.J.; Costa, E.A.- Sistema de Custeio para uma Pequena Empresa de Usinagem de Peças: Um caso Prático. Anais do Seminário Internacional de Custos, pp. 999-1018, 1994. 386
- Bahrami, H.- The Emerging Flexible Organization: Perspectives from Silicon Valley. California Management Review, v. 34, n. 4, p. 33-52, 1992. 64

- Barata, J. et ali. Dynamic Persistence and Active Images for Manufacturing Processes. *Annals of ECLA-CIM'93 Univ. Nova Lisboa, Portugal*, pp. 107-115, Nov. 22-26, 1993. 319
- Barkmeyer, E.J. (Ed.). *SIMA Reference Architecture*. NIST Internal Proposal Publication. 41 p., July 1995. 326
- Bauer, A.- Flexible Control. *Manufacturing Engineer*, pp. 287-89, December 1995. 750
- Benjaafar, S.- Models for Performance Evaluation of Flexibility in Manufacturing Systems. *Int. J. Prod. Research*, v. 32, n. 6, p. 1383-407, 1994. 137
- Betlem, B.H.-L.; van Aggele, R.M.- An Object-Oriented Framework for Production Control. *Proc. of the International Conference on CONTROL'94, IEE Conference Publications*, v. 2, n. 389, pp. 1411-16, 1994. 694
- Bharara, A.; Lee, C.-Y.- Implementation of an Activity-Based Costing in a Small Manufacturing Company. *Int. J. Prod. Research*, v. 34, n. 4, pp. 1109-30, 1994. 682
- Bienert, A. Schönerberger, D.- Computer Aided Enterprise Modeling - A Global Approach. *Proc. Advances in Production Management Systems (B-13)*, Elsevier, pp. 323-30, 1993. 401
- Blackburn, J.D.- *Time-Based Competition*. Business One/Irwin, 1991. 704
- Bloomquist, L.- Tacit Knowledge is the Ultimate Sustainable Advantage. *NIST, Workshop on Virtual Enterprise*, pp. 172-180, March 29-30, 1994. 272
- Boër, C.R.; Jovane, F.- Towards a New Model of Sustainable Production: ManuFuturing. *Annals of the CIRP*, v. 45, n. 1, pp. 415-20, 1996. 762
- Booch, G.- *Object-Oriented Design with Applications*. Benjamin/Cummings, 599 p., 1991. 633
- Bouti, A.; Kadi, D.A.; Dhoub, K.- A Qualitative Modeling Methodology to Dependability Assessment of Manufacturing Systems. *Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing*, 6-10 September, Singapore, pp. 446-52, 1993. 342
- Brandon, J.A.- From the Islands of Automation to the Knowledge Archipelago: The Challenge for Manufacturing Strategy in the 1990s. *Proc. Instn. Mech. Engrs*, v. 207, part B- *Journal of Engineering Manufacture*, pp. 141-46, 1993. 603
- Bredrup, H, Bredrup, R.; Rolstadas, A.- PMS Contributing to Improved Enterprise Productivity. *Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods*, Gramado, pp.319-26, March 21-24, 1994. 502
- Bremer, C.F.- Proposta de uma Metodologia para o Planejamento e Implantação da manufatura Integrada por Computador. *EESC-USP, Tese de Doutorado*, 232 p., fevereiro de 1995. 514

- Brimson, J.<sup>a</sup>. Activity Accounting - An Activity-Based Costing Approach. John Wiley & Sons, 224 p., 1991. 1009
- Brown, S. - Strategic Manufacturing for Competitive Advantage. Prentice Hall, 381 p., 1996 1037
- Browne, J.- The Extended Enterprise - Manufacturing and the Value Chain. Proc. IEEE/ECLA/IFIP BASYS'95, pp. 05-16, Camarinha, -M. L.; Afsarmanesh, H. (Ed.), Chapman & Hall, 1995. 296
- Browne, J.; Sackett, P.J.; Wortmann, J.C.- Future Manufacturing Systems - Towards the Extended Enterprise. Computers in Industry, v. 25, n. 3, pp 235-54, 1995. 733
- Bullinger, H.J.; Warschat, J.; Marcial, F.- Integrated Management: How to Combine Lean Production and CIM. Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing, 6-10 Sept., Singapore, pp. xxxi-xliv, 1993. 345
- Burbidge, J.L.- Group Technology (GT): Where do We Go from Here?. Proc. Advances in Production Management Systems (B-13), Elsevier, pp. 541-50, 1993. 418
- Burgess, A.G.; Morgan, I.; Volmann, T.E.- Cellular Manufacturing: Its Impact on the Total Factory. Int. J. Prod. Research, v. 31, n. 9, p. 2059-77, 1993. 132
- Busby, J.S.; Williams, G.M.- The Value and Limitations of Using Process Models to Describe the Manufacturing Organization. Int. J. Prod. Research, v. 31, n. 9, p. 2179-94, 1993. 15
- Camarinha, L.M. et alli. An Integrated Platform for Concurrent Engineering. Annals of III CIMIS-Net, ECLA/UFSC, Florianópolis, pp. 25-34, June 6-10, 1994. 321
- Camarinha, L.M.; Afsarmanesh, H.(Ed.). Balanced Automation Systems - Architectures and Design Methods. Chapman & Hall, 471 p., 1995. 295
- Camarinha-Matos, L.M, (Ed.). Re-engineering for Sustainable Industrial Production. Chapman & Hall, 549 p., 1997. 1020
- Campos, V.C.- TQC - Controle da Qualidade Total. Fund. Cristiano Ottoni, Belo Horizonte, 220 p., 1992. 158
- Chamberlain, W.: Thomas, G.- The Future of MRPII: Headed for the Scrap Heap or Rising from the Ashes?. IIE Solutions, pp. 32-35, July 1995. 755
- Chang, T.-C.; Wysk, R.A., An Introduction to Automated Process Planning Systems. Prentice-Hall, 241 p., 1985. 218
- Chang, T.M.; Yih, Y.- Generic Kanban Systems for Dynamic Environments. Int. J. Prod. Research, v. 32, n. 4, pp. 889-902, 1994.

- Charney, C.- Time to Market: Producing Product Lead Time. SME- Society of Manufacturing Engineers, 276 p., 1991. 690
- Chen, I.J.; Calantone, R.J.; Chung, C.-H.- The Marketing-Manufacturing Interface and Manufacturing Flexibility. Omega, v. 20, n. 4, p. 431-443, 1992. 77
- Ching, H.Y.- Gestão Baseada em Custeio por Atividades. Ed. Atlas, São Paulo, 125 p., 1995. 1003
- Chiu, C.; Yih, Y.- A Learning-based Methodology for Dynamic Scheduling in Distributed Manufacturing Systems. Int. J. Prod. Research, v. 33, n. 11, pp. 3217-32, 1995. 756
- Choi, B. W.; Kuo, W.; Jackman, J.K.- Petri Net Extensions for Modelling and Validating Manufacturing Systems. Int. J. Prod. Research, v. 32, n. 8, p. 1819-35, 1994. 139
- Christensen, J.; Alting, L.- Continuous Development of Order and Material Management in Manufacturing Systems. Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing, 6-10 September, Singapore, pp. 565-70, 1993. 360
- Clark, K.B.; Wheelwright, S.C.- Managing New Product and Process Development. Free Press (McMillan), New York, 896 p., 1993. 157
- Clarke, C.J.; Brennan, K.- Global Mobility - The Concept. Long Range Planning, v. 25, n. 1, p. 73-80, 1992. 41
- Coad, P.; North, D.; Mayfield, M.- Object models - Strategies, Patterns & Applications. Yordon Press, Prentice Hall, 533 p., 1997. 918
- Coad, P.; Yourdon, E.- Object-Oriented Analysis. Yourdon Press/Prentice Hall, 243 p., 1991. 826
- Cooper, R.- The Rise of Activity -Based Costing - I: What is na Activity-Based Cost System?. Journal of Cost Management, v. 2, n. 2, pp. 45-54, 1988. 929
- Cooper, R.- The Rise of Activity -Based Costing - II: What is na Activity-Based Cost System?. Journal of Cost Management, v. 2, n. 3, pp. 41-48, 1988. 930
- Cooper, R.- The Rise of Activity -Based Costing - III: What is na Activity-Based Cost System?. Journal of Cost Management, v. 2, n. 4, pp. 34-46, 1988. 931
- Cooper, R.- The Rise of Activity -Based Costing - IV: What is na Activity-Based Cost System?. Journal of Cost Management, v. 3, n. 1, pp. 38-49, 1989. 932
- Coppini, N.L; Fonseca, E.M.; Mattos, A.V.- Os Sistemas de Cálculo de Custos Atuais e suas Consequências no Desempenho das Empresas no Mercado. Anais COBEM/CIDIM/1995, 4 p., 12-15 dezembro, 1995. 596

- Corsten, H.; Will, T.- Simultaneous Achievement of Cost Leadership and Differentiation by Strategic Production Organization. Proc. Advances in Production Management Systems (B-13), Elsevier, pp. 47-55, 1993. 392
- D'Amours, S. et alli. Advances on Networked Manufacturing. Anais do XV ENEGEP- Cong. Bras. Eng. Produção, São Carlos, SP, 4-6 setembro, pp. 1631-35, 1995. 373
- Date, C.J. Na introduction to Database Systems. Addison-Wesley, 574 p., 1991. 831
- Davenport, T.H.- Reengenharia de Processos. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 402 p., 1994. 432
- Davidow, W.H.; Malone, M.S.- A Corporação Virtual. Editora e Livraria Pioneira, São Paulo, 279 p., 1993. 598
- Davis, R.; Smith, R.G.- Negotiation as a Metaphor for Distributed Problem Solving. Artificial Intelligence, v. 20, n. 1, pp. 63-109, 1983. 876
- Day, G.S.- Decidinnng How to Compete. Planning Review, p. 18-23, sept.-oct. 1989. 33
- De Toni, A.; Nassimbeni, G.; Tonchia, S.- Extended and Integrated Production Systems: The Role of Suppliers. Proc. Advances in Production Management Systems (B-13), Elsevier, pp. 411-19, 1993. 411
- Dhvale, D.- Activity-Based Costing in Cellular Manufacturing Systems. Industrial Engineering, p. 44-46, February 1992. 423
- Dickens, A.; Baber, C.- Can Support Systems Withstand the Demands of Factory 2000?. Proc. of the 12th Int. Conf. on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future (Gill, R.; Syan, C.S., Ed.), Middlesex University Press, pp. 562-67, 1996. 902
- Dini, P.; Ramazani, D.; Bochmann, V.- Formal and Informal in Balanced System Specification. Proc. IEEE/ECLA/IFIP BASYS'95, pp. 340-8, Camarinha, -M. L.; Afsarmanesh, H. (Ed.), Chapman & Hall, 1995. 310
- Dong, J.; Shi, Y.; Liu, H.- A Holonic Manufacturing Framework for Concurrent Engineering and Enterprise Integration. Proc. of CE95 Conf. - Concurrent Engineering: Global Perspective, McLean, VA, pp. 151-61, August 23-25, 1995. 515
- Dorson, T.D.; Vaishnavi, V.K.- Managing Emerging Software Technologies: A Technology Transfer Framework. Communications of the ACM, v.35, n. 9, pp. 101-26, 1992. 652
- Doumeingts, G.- Méthode GRAI: Méthode de Conception des Systèmes en Productique. Thèse de Doctorat, Université Bourdeaux I, 1984. 1017

- Doumeingts, G.; Chen, D.- State-of-the-Art on Models, Architectures and Methods for CIM Systems Design. *Human Aspects in Computer Integrated Manufacturing* (Olling, G.J.; Kimura, F., Ed.), Elsevier, pp. 27-40, 1992. 770
- Doumeingts, G.; Malhene, N.- Business Process and Shop Floor Re-engineering. in *Re-engineering for Sustainable Industrial Production*, Camarinha-Matos, L.M, (Ed.), Chapman & Hall, pp. 3-12, 1997. 966
- Duffie, N.A.; Bollinger, J.G.- Distributed Computing Systems for Multiple-Processor Industrial Control. *Annals of the CIRP*, v. 29, n. 1, pp. 357-62, 1980. 761
- Dyer, J.H.; Ouchi, W.G.- Japanese-style Partnerships: Giving Companies a Competitive Edge. *Sloan Management Review*, pp. 51-63, Fall 1993. 640
- Ehlers, E.M.; Rensburg, E.- An Intelligent Object-Oriented Scheduling System for a Dynamic Manufacturing Environment. *Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing*, 6-10 September, Singapore, pp. 702-08, 1993. 359
- Elia, G.; Menga, G.- Object-Oriented Design of Flexible Manufacturing Systems. in *Computer Control of Flex. Manuf. Systems* (Joshi, S.B.; Smith, J.S., Ed.) Chapman & Hall, pp. 315-42, 1994. 786
- Erb, M.; Kampmeyer, J.; Corrêa, G.N.; Bremer, C.F.- Global Virtual Enterprise - A Worldwide Network of Small and Medium Sized Production Companies. *Anais do XV ENEGEP- Cong. Bras. Eng. Produção*, São Carlos, SP, 4-6 setembro, pp. 759-64, 1995. 375
- Eureka, W.E.; Ryan, N.E.- QFD - Perspectivas Gerenciais. *Qualitymark*, Rio de Janeiro, 121p., 1992. 281
- Evbuomwan, N.F.O.; Sivaloganathan, S.; Jebb, A.- A State of the Art Report on Concurrent Engineering. *Proc. of CE94 Conf. - Concurrent Eng.: Research and Applications*, Pittsburg, pp. 35-44, Aug. 29-31, 1994. 567
- Fawcett, S.E.; Scully, J.- A Contingency Perspective of Just-In-Time Purchasing: Globalization, implementation and Performance. *Int. J. Prod. Research*, v. 33, n. 4, pp. 915-931, 1995. 628
- Fernandes, D.; Lepikson, H.A.- Product Differentiation as Basis for Competitive Strategy. *Proc. 11th ISPE/IEE/IFAC CARS & FOF'95 Int. Conf.*, pp. 562-67, Pereira, Colombia, august 1995. 452
- Fernihough, A.M. et al. The Development of a Technique for the Evaluation of Business Strategies. *Proc. of CE95 Conf. - Concurrent Engineering: Global Perspective*, McLean, VA, pp. 521-28, August 23-25, 1995. 558

- Ferreira, A.B.H.- Novo Dicionário da Língua Portuguesa. Ed. Nova Fronteira, 1831 p., 1986. 716
- Ferreira, J.J.J.; Mendonça, J.M.- Using a Decision Support System for CIM System Life Cycle Support. Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods, Gramado, pp.267-76, March 21-24,1994. 496
- Fonseca, E.M.; Coppini, N.L.- Metodologia Prática para Cálculo de Custo de Fabricação dentro da Filosofia ABC. Anais COBEM/CIDIM/1995, 4 p., 12-15 dezembro, 1995. 595
- Forrester, P.L.; Bennett, D.- The Design of Market-focused Advanced Manufacturing Systems. Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing, 6-10 September, Singapore, pp. 123-28, 1993. 348
- Forrester, P.L.; and alli.- A Business Oriented Methodology for the Development of Computer Integrated Manufacturing. Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing, 6-10 September, Singapore, pp. 3-8, 1993. 331
- Fox, M.S.- An Organizational View of Distributed Systems. IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, v. SMC 11, n. 1, pp. 70-80, 1981. 660
- Frazier, G.V.- An Evaluation of Group Scheduling Heuristics in a Flow-Line Manufacturing Cell. Int. Journal of Production Research, v. 34, n. 4, pp. 959-76, 1996. 923
- Freund, E.; Maiwald, W.; Bauer, R.- Flexible Work Cell Control Using Communication Standards. Proc. 11th ISPE/IEE/IFAC CARS & FOF'95 Int. Conf., pp. 808-13, Pereira, Colombia, august 1995. 467
- Frick, J.- EDI Simplify Production Management and the Logistic Chain in SMEs. Proc. Advances in Production Management Systems (B-13), Elsevier, pp. 403-09, 1993. 410
- Friedrich, L.F.- Uma Abordagem Distribuída no Desenvolvimento e Implementação do Software de Controle de Chão-de-Fábrica em Sistemas de Manufatura Celular. Tese de Doutorado, Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, 207 P., 1996 999
- Fry, T.D.- Japanese Manufacturing Performance Criteria. Int. J. Prod. Research, v. 33, n. 4, pp. 933-954, 1995. 629
- Fujii, S.; Sugimura, N.- Simulation for Manufacturing Systems. Int. J. Japan Soc. Precision Engineering, V. 30, n. 3, pp. 195-99, 1996. 1041
- Fujii, S.; Kidami, Y.; Ogita, A.- A Study on a Distributed Simulation for the Evaluation of Large Manufacturing Systems. S.M. Wu Symposium, Japan, V.II, pp. 7-12, 1996. 1042

- Fujii, S. et al. - A Distributed Virtual Factory for Behavioral Analysis of a Large Manufacturing System. IFAC/IFIP Conf. on Management and Control of Production Logistics, Campinas, Brazil, Aug. 31 - Sept. 3, pp. 117-22, 1997. 1045
- Gaafar, L.K.; Bedworth, D.D.- Manufacturing Integration Using the Object-Oriented Methodology. 2nd IERC- Industrial Engineering Research Conf. Proc., Institute Of Industrial Engineers, pp. 817-21, 1993. 792
- Gallager, C.C.; Knight, W.A.- Group Technology Production Methods in Manufacture. John Wiley & Sons, 192 p., 1986. 215
- Gallois, P.-M.- The New Industrial Challenge: Towards a "Lean Production". Proc. Advances in Production Management Systems (B-13), Elsevier, pp. 03-10, 1993. 388
- Gindy, N.N.; Saad, S.M.- Resource-Based Scheduling in Virtual Manufacturing Environments. Proc. of the 12th Int. Conf. on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future (Gill, R.; Syan, C.S., Ed.), Middlesex University Press, pp. 710-15, 1996. 905
- Gindy, N.N.Z.; Ratchev, T.M.; Case, K.- Component Grouping for Cell Formation Using Resource Elements. Int. Journal of Production Research, v. 34, n. 3, pp. 727-52, 1996. 888
- Goldman, S.L.; Nagel, R.N.; Preiss, K.- Agile Competitors: Concorrência, Organizações Virtuais e Estratégias para Valorizar o Cliente. Ed. Érica, São Paulo, 405 p., 1994. 425
- Goldratt, E.M.- A Meta. Ed Campus, 286 p., 1992. 686
- Goldratt, E.M.- A Síndrome do Palheiro - Garimpando Informação num Oceano de Dados. Educator Editora, São Paulo, 328 p., 1996 1007
- Gong, D.-C.; Lin, K.- Conceptual Design of a Shop Floor Control System from IDEFO. Computers & Industrial Engineering, v. 27, n. 1-4, pp. 119-22, 1994. 648
- Goranson, H.T.- Agile Virtual Enterprise - Best Agile Practice Reference Base. Working Draft, AVE- Agile Virtual Enterprise Focus Group, NIST, 11 p., jan. 2, 1995. 276
- Grobot, B.; Huguet, P.- Reference Models for an Object Oriented Design of Production Activity Control Systems. Proc. IEEE/ECLA/IFIP BASYS'95, pp. 311-8, Camarinha, -M. L.; Afsarmanesh, H. (Ed.), Chapman & Hall, 1995. 307
- Greenstein, D.; Thomas, K.- Concept and Basic Architecture of AMIS- Agile Manufacturing Information System. NIST, Workshop on Virtual Enterprise, pp. 25-52, March 29-30, 1994.
- Gregory, M.J.- Integrated Performance Measurement: A Review of Current Practic and Emerging Trends. International Journal of Production Economics, v. 30-31, pp. 281-96, 1994. 714

- Groover, M.P. *Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing*. Prentice-Hall, 687 p., 1987. 685
- Gumaer, R.- *Beyond ERP and MRPII - Optimized Planning and Synchronized Manufacturing*. IIE Solutions, pp. 32-35, September 1996. 953
- Gunn, T.G.- *As Indústrias do Século 21*. Makron Books, São Paulo, 280 p., 1993. 599
- Gupta, S.M.; Brennan, L.- *MRP Systems Under supply and Process Uncertainty in an Integrated Shop Floor Control Environment*. *Int. J. Prod. Research*, v. 33, n. 1, pp. 205-20, 1995. 627
- Gustas, R.- *A Basis for Integration within Enterprise Modelling*. Proc. of CE95 Conference on - *Concurrent Engineering: Global Perspective*, McLean, VA, pp. 107-20, August 23-25, 1995.
- Halsall, D.N.; Muhlemann, A.P.; Price, D.H.R.- *A Review of Production Planning and Scheduling in Smaller Manufacturing Companies in the UK*. *Production Planning & Control*, v. 5, n. 5, pp. 485-93, 1994. 710
- Hamacher, B.; Klen, A.A.P.; Hirsh, B.E.- *Production Management Elements for the Learning Enterprise*. Proc. IFIP WG 5.7 Conference on Evaluation of Production Management Methods, Gramado, Brazil, pp. 79-86, 1994. 283
- Hamel, G.; Prahalad, C.K.- *Competindo pelo Futuro*. Editora Campus, Rio de Janeiro, 395 p., 1994. 434
- Hammer, D.K.; Pels, H.J.; Timmermans, P.J.M.- *On the Design of Manufacturing Systems for Fault Tolerance*. Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods, Gramado, pp. 369-77, March 21-24, 1994. 507
- Hammer, M; Champy, J.- *Reengenharia*. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 9a. ed., 187 p., 1994. 5
- Handfield, R.B.; Pannesi, R.T.- *Antecedents of Leadtime Competitiveness in Make-to-order Manufacturing Firms*. *Int. J. Prod. Research*, v. 33, n. 2, pp. 511-37, 1995. 621
- Harhalakis, G.; Lu, T.; Minis, I.; Nagi, R.- *A Pratical Method for Design of Hibrid-Type Production Facilities*. *Int. J. Prod. Research*, v. 34, n. 4, pp. 897-918, 1996. 681
- Harmon, R.L.- *Reinventing the Factory II*. The Free Press, NY, 437 p., 1992. 431
- Harmon, R.L.; Peterson, L.D.- *Reinventando a Fábrica*. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 396 p., 1991. 433
- Harrell, C.R. et alli. *System Improvement Using Simulation*. JMI Consulting Group/Promodel Corporation, 235 p, 1995. 1022
- Hatvany, J.- *Intelligence and Cooperation in Heterarchic Manufacturing Systems*. *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, v. 2, n. 2, pp. 101-104, 1985. 881

- Hayakawa, I.- Self-Defense Strategy Under Activity Based Cost Management and Business Process Innovation. Proc. 11th ISPE/IEEE/IFAC CARS & FOF'95 Int. Conf., pp. 568-70, Pereira, Colombia, august 1995. 453
- Hayes, R.H.; Pisano, G.P.- Beyond World-Class: The New Manufacturing Strategy. Harvard Business Review, p. 77-86, jan.-feb. 1994. 61
- Heisel, U.; Hammer, H.- Influences on the Availability of Flexible manufacturing Systems. Annals of the CIRP, v. 41, n. 1, p. 459-62, 1992. 117
- Heragu, S.S.; Gupta, Y.P.- A Heuristic for Designing Cellular Manufacturing Facilities. Int. J. Prod. Research, v. 32, n. 1, p. 125-40, 1994. 155
- Hicks, D.A. Stecke, K.- The ERP Maze: Enterprise Resource Planning an other Production and Inventory Control Software. IIE Solutions, pp. 12-16, August 1995. 941
- Hill, D.T.; Koelling, C.P.; Kurstedt, H.A.- Developing a Set of Indicators for Measuring Information-Oriented Performance. Computers Ind. Engng., v. 24, n. 3, pp. 379-390, 1993. 1038
- Hill, T. - Manufacturing Strategy. Richard Irwin, 592 p., 1994
- Hin, L.K.; Leong, A.C.; Gay, K.L.- Selection and Justification of Advanced Manufacturing Technologies. Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing, 6-10 September, Singapore, pp. 136-43, 1993. 349
- Hirsch, B.E.; Voegelé, M.; Klen, A.A.P.- Experience with Implementation of a Shop Floor Monitoring and Control System in SMEs. Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing, 6-10 September, Singapore, pp. 469-74, 1993. 333
- Hitomy, K.- Moving Toward Manufacturing Excellence for Future Production Perspectives. Industrial Engineering, p. 48-50, june 1994. 146
- Hoffmann, K.; Linden, F.A.- Troca de Modelo. Folha de São Paulo, p. 2-7, 17 de setembro de 1995. 325
- Hogg, T.; Huberman, B.A.- Controlling Chaos in Distributed Systems. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, v. 21, n. 6, pp. 1325-32, 1991. 759
- Hong, J.-D.- Effects of WIP Inventories on Integrated Production Lot Sizing in Cellular Manufacturing. Int. J. Prod. Research, v. 32, n. 5, pp. 1001-12, 1994. 632
- Hopkins, J.M.; King, R.E.; Culbreth, C.T.- An Object-Oriented Control Architecture for Flexible Manufacturing Cells. in Computer Control of Flex. Manuf. Systems (Joshi, S.B.; Smith, J.S., Ed.) Chapman & Hall, pp. 427-66, 1994. 789

- Hu, G.W.; Wong, Y.S.; Loh, H.T.- A FMS Scheduling and Control Decision Support System Based on Generalized Stochastic Petri Nets. *Int. J. Advanced Manufacturing Technologies*, v. 10, n. 1, pp. 52-58, 1995. 510
- Hunt, I.; Klen, A.A.P.; Zhang, J.- Cross Border Enterprises: Virtual and Extended!. in *Re-engineering for Sustainable Industrial Production*, Camarinha-Matos, L.M, (Ed.), Chapman & Hall, pp. 63-72, 1997. 969
- Hvolby, H.-H.; Højbjerg, P.- A More Flexible Planning Architecture for Centralized and Decentralized Planning. *Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods*, Gramado, pp.343-50, March 21-24,1994. 504
- Inman, R.R.- Scheduling Preventive Overtime: A New Approach for the Automotive Industry. *IIE Transactions*, v. 28, pp. 555-65, 1996. 736
- Iwata, K.; Onosato, M.- Random Manufacturing System: A New Concept of Manufacturing Systems for Production to Order. *Annals of the CIRP*, v. 43, n. 1, pp. 379-383, 1994. 644
- Jiang, M.; Li, S.- A Hybrid system of Manufacturing Resource Planning and Just-In-Time Manufacturing. *Computers in Industry*, v. 19, n. 1, pp 151-55, 1992. 730
- Juran, J.M.; Gryna, F.M.- *Controle da Qualidade (Handbook)*, vol. 1. Makron Books, 400 p., 1991. 234
- Kadipasaoglu, S.N.; Sridharan, S.V.- Measurement of Instability in Multi-level MRP Systems. *Int. Journal of Production Research*, v. 35, n. 3, pp. 713-737, 1997. 1011
- Kamath, M.- Recent Developments in Modeling and Performance Analysis Tools for Manufacturing Systems. in *Computer Control of Flex. Manuf. Systems* (Joshi, S.B.; Smith, J.S., Ed.) Chapman & Hall, pp. 231-63, 1994. 783
- Kannan, V.R.- Incorporating the Impact of Learning in Assessing the Effectiveness of Cellular Manufacturing. *Int. Journal of Production Research*, v. 34, n. 12, pp. 3327-40, 1996. 887
- Kaplan, R.S.- The Balanced Scorecard - Measures that Drive Performance. *Harvard Business Review*, pp. 72-86, January-February 1992. 1048
- Kaplan, R.S.; Norton, D.P.- Putting the Balanced Scorecard to Work. *Harvard Business Review*, pp. 134-47, September-October 1993. 880
- Kastelic, S.; Kopac, J.; Peklenik, J.- Conceptual Design of a Relational Data Base for Manufacturing Processes. *Annals of the CIRP*, v. 42, n. 1, p. 493-96, 1993. 118
- Kaula, R.; Chin, J.- A Database Approach Towards Flexible Manufacturing: A Conceptual Framework. *Computers Ind. Engng.*, v. 24, n.2, p. 131-41, 1993. 21

- Kermad, L. et alli. Integrative Approach for a Functional Specification of FMS Control. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v. 6, n. 4, pp. 220-27, 1993. 805
- Kern, V.M.; Böhn, J.H.; Barcia, R.M.- The Building of Information Models in STEP. II Int. *Congres of Industrial Engineering*, Sta. Bárbara d'Oeste, SP, oct. 7-10, 1996. 591
- Kerr, L.J.- Achieving World Class Performance Step by Step. *Long Range Planning*, v. 25, n. 1, p. 46-52, 1992. 40
- Kesler, M.; Kolstad, D.; Clarke, W.E.- Third Generation R&D. *The Columbia Journal of World Business*, p. 34-44, fall 1993. 31
- Kidd, P.T.- Agile Manufacturing: Key Issues. in *Advances in Agile Manufacturing*, (Kidd, P.T.; Karwowski, W., Ed.), IOS Press, pp.29-32, 1994. 839
- Kim, C.; Kim, K.; Choi, I.- An Object-Oriented Information Modelling Methodology for Manufacturing Information Systems. *Computers Ind. Engng.*, v. 24, n. 3, p. 337-53, 1993. 22
- Kim, W.; Lochovsky, F.H. (Ed.)- *Object-Oriented Concepts, Databases and Applications*. Addison-Wesley, 620 p., 1989 513
- Kimura, F.- Product Process Modelling as a Kernel for Virtual Manufacturing Environment. *Annals of the CIRP*, v. 42, n. 1, p. 147-50, 1993. 13
- Klen, A.A.P. An Approach to Conceptualize Learning Enterprises in the Manufacturing Sector. *Proposta de Tese de Doutorado, UFSC/EMC*, 147 p., 1994. 280
- Kochikar, V.P.; Narendran, T.T.- On Using Abstract Models for Analysis of Flexible Manufacturing Systems. *Int. J. Prod. Research*, v. 32, n. 10, p. 2303-22, 1994. 142
- Kogut, B.; Kulatilaka, N.- Operating Flexibility, Global Manufacturing and the Option Value of a Multinational Network. *Management Science*, v. 40, n. 1, pp. 123-131, 1994. 642
- Kosanke, K.- CIMOSA - Overview and Status. *Computers in Industry*, v. 27, n. 2, pp 101-09, 1995. 731
- Kovács, I.; Moniz, A.B.- Issues on the Anthropocentric Production Systems. *Proc. IEEE/ECLA/IFIP BASYS'95*, pp. 132-40, Camarinha, -M. L.; Afsarmanesh, H. (Ed.), Chapman & Hall, 1995. 300
- Kovak, F.J.- Virtual Enterprise Strategy. Working Draft, AVE- Agile Virtual Enterprise Focus Group, NIST, 14 p., 1995. 277
- Kusiak, A. (Editor)- *Concurrent Engineering - Automation, Tools, and Techniques*. John Wiley & Sons, 601 p., 1993. 1046

- Kusiak, A.; Larson, T.N.; Wang, J.- Reengineering of Design and Manufacturing Processes. Computers Ind. Engng., v. 26, n. 3, pp. 521-536, 1994. 618
- Laengle, K.; Griffin, P.M.; Griffin, S.O.- A Quantification of the Economic Value of Flexible Capacity. Int. J. Prod. Research, v. 32, n. 6, p. 1421-30, 1994. 136
- Lefrancois, P.; Montreuil, B.- An Object-Oriented Knowledge Representation for Intelligent Control of Manufacturing Workstations. IIE Transactions, v. 26, n. 1, pp. 11-26, 1994. 213
- Lepikson, H.A.- Padronização e Interação das Unidades de Fabricação, Manipulação e Inspeção de uma Célula Flexível de Manufatura. UFSC, Dissertação de Mestrado, 223 p., 1990. 228
- Lepikson, H.A.- Product Differentiation and Process Flexibility as Base for Competitive Strategy. Proc. IEEE/ECLA/IFIP BASYS'95, pp. 385-92, Camarinha, -M. L.; Afsarmanesh, H. (Ed.), Chapman & Hall, 1995. 311
- Lepikson, H.A.- Core Competence for Flexibility in Product Design and Manufacturing: One Approach for Long Term Competitiveness. Proc. of CE95 Conf. - Concurrent Engineering: Global Perspective, McLean, VA, pp. 541-48, August 23-25, 1995. 523
- Lepikson, H.A.- Flexible Manufacturing x Standardized Products: One Approach for Conciliating Conflicting Strategies. XIII COBEM/II CIDIM- Congresso Ibero-Americano de Engenharia Mecânica, 12-15 de dezembro de 1995. 1051
- Lepikson, H.A.; Queiroz, A.A.- An Auction-Based Approach to Manufacturing Planning and Control. ICIE'97 International Conference on Information Engineering, Buenos Aires, 15-17 April 1997. 1052
- Lepikson, H.A.; Queiroz, A.A.; Soares, F.E.- Validação de Novos Modelos de Gerenciamento de Chão de Fábrica através de Ferramentas de Simulação. XIV COBEM- Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 12-15 de dezembro de 1997, Bauru, SP. 1050
- Lesser, V.R.; Corkill, D.D.- Functionally Accurate, Cooperative Distributed Systems. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, v. SMC-11, n. 1, pp. 81-95, 1981. 832
- Lewis, J.W.; Singh, K.J.- Electronic Design Notebooks (EDN): Technical Issues. Proc. of CE95 Conf. - Concurrent Engineering: Global Perspective, McLean, VA, pp. 431-36, August 23-25, 1995. 553
- Lin, G. Y.-J.; Solberg, J.J.- Integrated Shop Floor Control Using Autonomous Agents. IIE Transactions, v. 24, n. 3, pp. 57-71, 1992. 806
- Lin, G.Y.-J.- A Distributed Production Control for Intelligent Manufacturing Systems. Thesis, Purdue University, 202 p., 1993. 834

- Lockamy, A; Cox, J.F.- An Empirical Study of Division and Plant Performance Measurement Systems in Selected World Class Manufacturing Firms. *Int. J. Prod. Research*, v. 33, n. 1, pp. 221-36, 1995. 626
- Lopes, L.S.; Camarinha-Matos, L.M.- Planning, Training and Learning in Supervision of Flexible Assembly Systems. *Proc. IEEE/ECLA/IFIP BASYS'95*, pp. 63-74, Camarinha, -M. L.; Afsarmanesh, H. (Ed.), Chapman & Hall, 1995. 298
- Loureiro, S.E.; Carvalho, A.S.- Contributions for Ethernet Based Networking in Manufacturing System. in *Re-engineering for Sustainable Industrial Production*, Camarinha-Matos, L.M, (Ed.), Chapman & Hall, pp. 363-66, 1997. 979
- Lührsen, H.; Krebs, T.- STEP Databases as Integration Platform for Concurrent Engineering. *Proc. of CE95 Conf. - Concurrent Engineering: Global Perspective*, McLean, VA, pp. 131-41, August 23-25, 1995. 535
- Luo, S.; Ren, S.- Practical Thoughts on Manufacturing, Planning and Control. *Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing*, 6-10 September, Singapore, pp. 558-64, 1993. 358
- Luong, L.H.S.- A Cellular Similarity Coefficient Algorithm for the Design of Manufacturing Cells. *Int. J. Prod. Research*, v. 31, n. 8, p. 1757-66, 1993. 129
- Lutherer, E. et al. Modelling with CIMOSA: A Case Study. *Proc. IFIP WG5.7 Conference on Evaluation of Production Management Methods*, Gramado, pp.233-41, March 21-24, 1994.
- Lyons, T.F.; Krachenberg, A.R.; Henke, J.W.- Mixed Motive Marriages: What's Next for Buyer-Supplier Relations?. *Sloan Management Review*, pp. 29-36, Spring 1990. 639
- Mahoney, R.M.- *High-Mix Low-Volume Manufacturing*. Prentice Hall, 248 p., 1997. 1008
- Márkus, A.; Vánca, T.K.; Monostori, L.- A Market Approach to Holonic Manufacturing. *Annals of the CIRP*, v. 45, n. 1, pp. 433-36, 1996. 767
- Martin, J.; Odell, J.J.- *Análise e Projeto Orientados a Objeto*. Makron Books, 688 p., 1996. 435
- Mathews, J.- Organizational Foundations of Intelligent Manufacturing Systems - The Holonic Viewpoint. *Computer Integrated manufacturing Systems*, v. 8, n. 4, pp. 237-43, 1995. 728
- Maturana, F. et alli. A Multi-Agent Approach to Integrated Planning and Scheduling for Concurrent Engineering. *Proc. of CE96 Conf.- Advances in Concurrent Engineering*, Toronto, pp.264-71, August 26-28, 1996. 823

- McLean, C.; Brown, P.F.- The Automated Manufacturing Research Facility at the National Bureau of Standards. Proceedings, IFIP W.G. 5.7 Working Conf. on New Tech. for Production Mgmt. Systems, Tokyo, oct.1986. 114
- McLean, C.R.- An Architecture for Intelligent Manufacturing Control. Proc. of Summer 1985 ASME Conference, 7 p., Boston, MA, August 1985. 711
- McLean, C.R.- Computer-Aided Manufacturing System Engineering. Proc. Advances in Production Management Systems (B-13), Elsevier, pp. 341-48, 1993. 402
- Melan, E.H.- Process Management. McGraw-Hill, 273 p., 1993. 1019
- Mende, M.J.- Comunicação Fabril e o Projeto MAP/TOP. Ed. Kapelusz, Buenos Aires, 137 p., 1989. 1035
- Mertens, P.; Pietsch, M.; Hartinger, M.- Tools to Regulate the Parameters of MRP Systems. Proc. Advances in Production Management Systems (B-13), Elsevier, pp. 359-402, 1993. 409
- Mertins, K. et alli. A Flexible Architecture for Distributed Shop Floor Control Systems. Proc. of the IEEE Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing, pp. 287-96, May 1992. 801
- Mertins, K; Albrecht, R; Edeler, H.- Manufacturing Philosophy for the New European Factory. Proc. Advances in Production Management Systems (B-13), Elsevier, pp. 31-39, 1993. 391
- Miles, R.E.; Snow, C.C.- Organizations: New Concepts for New Forms. California Management Review, v. 28, n. 3, pp. 62-73, 1986. 636
- Miles, R.E.; Snow, C.C.- Causes of Failure in Network Organizations. California Management Review, pp. 53-71, Summer 1992. 665
- Miller, J.; Vollman, T.- The Hidden Factory. Harvard Business Review, pp. 142-50, September-October 1985. 933
- Miller, L.C.G.- Concurrent Engineering Design - Integrating the Best Practices for Process Improvement. SME- Society of Manufacturing Engineers, 394 p., 1993. 691
- Miltenburg, J.- Manufacturing Strategy. Productivity Press, 391 p., 1995 1039
- Molina, A.; Ellis, T.I.A.; Young, R.I.M.; Bell, R.- Modelling Manufacturing Resources, Processes and Strategies to Support Concurrent Engineering. Proc. of CE94 Conf. - Concurrent Eng.: Research and Applications, Pittsburg, pp. 51-60, Aug. 29-31,1994. 569
- Morita, H.; Kawasaki,T.; Fujii, S.- Two-Objective Set Division Problem and Its Application to Production Cell Assignment. Proc. of the Japan USA Symposium on Flexible Automation, (Stelson, K.; Oba, F., Ed.), ASME Book 10394B, pp. 1297-1300, 1996 1040

- Muhlemmann, A.P. et al. Fourth Generation Languages and Integrated Information Systems for Small Manufacturing Companies. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v. 4, n. 1, pp. 16-22, 1991. 675
- Nadler, D.A. et alii. *Arquitetura Organizacional - A Chave para Mudança Empresarial* (disp. cap. 2, 5, 6, 8, 12. Demais, ver Cristiano Cunha). Ed. Campus, Rio de Janeiro, 238 p., 1994. 67
- Nagel, R.N.; Dove, R.- 21st Century Manufacturing Enterprise Strategy - Infrastructure. Iacocca Institute, Lehigh University, v.2, 132 p., November 1991. 684
- Nagel, R.N.; Dove, R.- 21st Century Manufacturing Enterprise Strategy - An Industry-Led View. Iacocca Institute, Lehigh University, v.1, 65 p., November 1991. 683
- Nakagawa, M.- *Gestão Estratégica de Custos - Conceito, Sistemas e Implementação JIT/TQC*. Ed. Atlas, São Paulo, 111 p., 1993. 1001
- Narayanan, S. et alii. Modeling Control Decisions in Manufacturing Systems Simulation Using Objects. *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics*, v. 2, pp. 1392-97, 1994. 798
- Nerson, J.-M.- Applying Object-Oriented Analysis and Design. *Communications of the ACM*, v.35, n. 9, pp. 63-77, 1992. 674
- Neves, C.; Neves, M.S.- *Avaliação Econômica de Estratégias de produção II: Custo x Qualidade*. *Anais do XV ENEGEP- Cong. Bras. Eng. Produção*, São Carlos, SP, 4-6 setembro, pp. 1481-86, 1995. 366
- Newman, W.R.; Hanna, M. D.- Including Equipment Flexibility in Break-even Analysis; Two Examples. *Production and Inventory Management Journal*, pp.48-52, first quarter, 1994. 194
- Ngwenyama, O.K.; Grant, D.A.- Enterprise Modeling for CIM Information Systems Architectures: An Object-Oriented Approach. *Computers Ind. Engng.*, v. 26, n. 2, pp. 279-293, 1994. 617
- Nof, S.Y.- Collaborative Coordination Control (CCC) of Distributed Multimachine Manufacturing. *Annals of the CIRP*, v. 41, n. 1, p. 441-44, 1992. 110
- Nof, S.Y.- Critiquing the Potential of Object Orientation in Manufacturing. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v. 7, n. 1, pp. 3-16, 1994. 695
- Nonaka, I.- The Knowledge-Creating Company. *Harvard Business Review*, p. 96-104, nov.-dec. 1991. 30
- Nonaka, I.- A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. *Organization Science*, v. 5, n. 1, pp. 14-37, February 1994. 757

- Nyman, L.R. (Ed.). Making Manufacturing Cells Work. SME- Society of Manufacturers Engineers, 397 p., 1992. 420
- Ohno, T.- Toyota Production System. Productivity Press, 163 p., 1988. 703
- Okino, N.- A Prototyping of Bionic Manufacturing System. Proc. of the Int. Conf. on Object-Oriented Manufacturing Systems, pp. 297-302, 1992. 800
- Olbrich, T.J.- Das Modell der Virtuellen Unternehmen. Information Management, n. 4, pp. 28-36, 1994. 771
- Onosato, M.; Iwata, K.- Development of a Virtual Manufacturing System by Integrating Product Models and Factory Models. Annals of the CIRP, v. 42, n. 1, p. 475-8, 1993. 10
- Osório, A.L., Camarinha-Matos, L.M.- Support for Concurrent Engineering in CIM-FACE. Proc. IEEE/ECLA/IFIP BASYS'95, pp. 275-86, Camarinha, -M. L.; Afsarmanesh, H. (Ed.), Chapman & Hall, 1995. 305
- Ostroff, F; Smith, D.- The Horizontal Organization. The McKinsey Quaterly, n. 1, pp. 148-167, 1992. 693
- Parunak, H.- Manufacturing Experience with the Contract Net. in Distributed Artificial Intelligence (Huhns, M.M. Ed.), pp.285-310, 1987. 877
- Parunak, H.- Characterizing the Manufacturing Scheduling Problem. Journal of Manufacturing Systems, v. 10, n. 3, pp. 241-259, 1991. 879
- Parunak, H. V.-D.- Technologies for Virtual Enterprises: A Proposal for a NIST ATP. Working Draft, AVE- Agile Virtual Enterprise Focus Group, NIST, 10 p., July 20, 1995. 278
- Perkins, J.R.; Kumar, P.R.- Stable, Distributed, Real-Time Scheduling of Flexible Manufacturing/ Assembly/ Disassembly Systems. IEEE Transactions on Automatic Control, v. 34, n. 2, pp. 139-148, 1989. 760
- Perret, F.-L.; Bienert, A.- OPOM++: Object-Oriented Order Processing Optimization Method. Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods, Gramado, pp. 49-59, March 21-24, 1994. 475
- Porter, M.E.- Estratégia Competitiva. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 5a. ed., 362 p., 1991. 2
- Prabh, V.V.; Duffie, N.A.- Modelling and Analysis of Nonlinear Dynamics in Autonomous Heterarchical Manufacturing Systems Control. Annals of the CIRP, v. 44, n. 1, pp. 425-8, 1995. 720
- Prahalad, C.K.; Hamel, G.- The Core Competence of the Corporation. Harvard Business Review, p. 79-91, may-june 1990. 57

- Pressman, R.S.- Software Engineering. McGraw-Hill, 367 p., 1982. 217
- Probert, D.R.; Jones, S.W.; Gregory, M.J.- The Make or Buy Decision in the Context of Manufacturing Strategy Development. Proc. Instn. Mech. Engrs, v. 207, part B- Journal of Engineering Manufacture, pp. 241-50, 1993. 604
- Queiroz, A.A.; Lepikson, H.A.- Autonomous Units: An Approach to Manufacturing Systems. Proc. of the 12th Int. Conf. on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future (Gill, R.; Syan, C.S., Ed.), Middlesex University Press, pp. 594-99, 1996. 904
- Queiroz, A.A.; Lepikson, H.A.- SOMA: An Organic and Autonomous Approach to Manufacturing Planning and Control. in Re-engineering for Sustainable Industrial Production, Camarinha-Matos, L.M, (Ed.), Chapman & Hall, pp. 235-44, 1997 971
- Quinn, J.B.; Hilmer, F.G.- Strategic Outsourcing. Sloan Management Review, pp. 15-28, Summer 1991. 664
- Rabelo, R.J.; Camarinha-Matos, L.M.- Control and Dynamic Scheduling in Virtual Organization of Production Resources. Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods, Gramado, pp.359-68, March 21-24,1994. 505
- Ramos, C.- An Architecture and a Negotiation Protocol for the Dynamic Scheduling of Manufacturing Systems. IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, v. 24, pp. 3161-66, 1994. 422
- Raulefs, P.- The Virtual Factory. 13th World Computer Congres 94, Brunstein, K.; Raubold, E. (Ed.), Elsevier Science, v. 2, pp. 18-38, 1994. 692
- Reinhart, G.; Koch, M.R.- Malfunction-Tolerant Control of Autonomous Manufacturing Cells. Proc. of the 12th Int. Conf. on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future (Gill, R.; Syan, C.S., Ed.), Middlesex University Press, pp. 43-48, 1996. 894
- Reinhart, G.; Köhne, T.- Design of Autonomous Manufacturing Systems. Proc. of the 12th Int. Conf. on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future (Gill, R.; Syan, C.S., Ed.), Middlesex University Press, pp. 526-31, 1996. 898
- Rohloff. M.- Design of a Decentralized Production Management System Based on an Object Oriented Architecture. Proc. Advances in Production Management Systems (B-13), Elsevier, pp. 585-97, 1993. 419
- Rolstadás, A.- Beyond Year 2000 - Production Management in the Virtual Company. Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods, Gramado, pp. 03-09, March 21-24,1994. 472

- Ronen, B.; Starr, K.M.- Synchronized Manufacturing as in OPT: From Practice to Theory. Computers Ind. Engng., v. 18, n. 4, pp. 585-600, 1990. 615
- Roos, D.- Agile/ Lean: A Common Strategy for Success. Agility Forum, Perspectives on Agility Series, MIT, v. PA95-01, 15 p., 1995. 878
- Rosenfeld, H.; Rentes, A.F.- Enterprise Operation Model - A Tool for the Management of Manufacture Changing Process. Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods, Gramado, pp.215-22, March 21-24,1994. 491
- Rozenfeld, H.; Almeida, A.S.L.- Object Oriented Methodology for Distributed CAPP System Implementation. Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing, 6-10 September, Singapore, pp. 525-35, 1993. 357
- Rumbaugh, J. et alii. Object-Oriented Modeling and Design. Prentice Hall, 1991. 1018
- Samitt, M.D.; Barry, A.- Mixed Model Operations: Solving the Manufacturing Puzzle. Industrial Engineering, p. 46-50, august 1993. 148
- Schaeffer, C.- Performance Measurement. IIE Solutions, pp. 20-27, March 1996. 949
- Scheer, A.-W; Jost, W.- Knowledge-Based Optimization of CIM-Systems Using Industry-Specific Reference Models. Proc. Advances in Production Management Systems (B-13), Elsevier, pp. 21-28, 1993. 390
- Schmenner, R.W.- Production/Operation Management. MacMillan Publishing, 838 p., 1993. 705
- Schomberger, R.J.- Técnicas Industriais Japonesas. Pioneira, São Paulo, 321 p., 1986. 210
- Schroeder, D.M.; Congden, S.W.- Integrating Manufacturing Innovation through Organizational Learning. Production and Inventory Management Journal, 3rd Quarter, pp. 55-59, 1995. 671
- Schweiger, J.- Facilitating Teamwork of Autonomous Systems with a Distributed Real-Time Knowledge Base. Proc. of the 1994 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pt. 4, pp. 2883-88, 1994. 696
- Severiano Fo., C.- Produtividade e Manufatura Avançada: A Crítica ao Modelo de Son e a Nova Lógica do Desempenho Global. Anais do Seminário Internacional de Custos, pp. 521-33, 1994. 385
- Shaw, M.J.- A Distributed Scheduling Method for Computer Integrated Manufacturing: The Use of Local Area Networks in Cellular Systems. Int. J. Prod. Research, v. 25, n. 9, pp. 1285-1303, 1987. 758
- Shingo, S.- A Revolution in Manufacturing: The SMED System. The Productivity Press, 1985. 701

- Sihn, W.- Reengineering Through Fractal Structures. Proc. of IFIP WG5.7 Working Conf. on Re-engineering the Enterprise, Galaway, Ireland, pp. 10-19, 1995. 795
- Sillince, J.A.; Sykes, G.M.- Implementation of Hybrid MRPII/JIT System: A Case Study. in Advances in Agile Manufacturing, (Kidd, P.T.; Karwowski, W., Ed.), IOS Press, pp.210-13, 1994. 848
- Singh, V.; Weston, R.H.- New Generation of "Open" Manufacturing control Systems for "Seamless" Integration in CIM. Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing, 6-10 September, Singapore, pp. 309-24, 1993. 353
- Sinli, Z. et al. Replacing the BOM by Manifestation of Product and Production. Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods, Gramado, pp.199-206, March 21-24, 1994. 489
- Skinner, W.- The Focused Factory. Harvard Business Review, pp. 113-21, May-June 1974. 680
- Smith, R.G.- The Contract Net Protocol: High-Level Communication and Control in a Distributed Problem Solver. IEEE Transactions on Computers, v. 29, n. 12, pp. 1104-13, 1980. 860
- Smith, R.G.; Davis, R.- Frameworks for Cooperation in Distributed Problem Solving. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, v. SMC-11, n. 1, pp. 61-70, 1981. 830
- Soares, A.L.; Ferreira, J.J.P.; Mendonça, J.M.- Organizational Behaviour analysis and Information Technology Fitness in Manufacturing: Analysis through Modelling and Simulation. Proc. IEEE/ECLA/IFIP BASYS'95, pp. 319-26, Camarinha, -M. L.; Afsarmanesh, H. (Ed.), Chapman & Hall, 1995. 308
- Sobolewski, M.W. (Ed.). CE94 Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications. Proc. of CE94 Conf. - Concurrent Eng.: Research and Applications, Pittsburg, 678 p., Aug. 29-31, 1994. 688
- Sodergren, J.M.- Collaborative Computing: "Networking the Virtual Enterprise". NIST, Workshop on Virtual Enterprise, pp. 142-171, March 29-30, 1994. 271
- Spencer, M.S.; Cox, J.F.- Optimum Production Technology (OPT) and the Theory of Constraints (TOC): Analysis and Genealogy. Int. J. Prod. Research, v. 33, n. 6, pp. 1495-1504, 1995. 741
- Stalk Jr., G.- Time - The Next Source of Competitive Advantage. Harvard Business Review, p. 41-518, july- aug. 1988. 63
- Stalk Jr., G.; Hout, T.M. Competindo Contra o Tempo. Ed. Campus, 322 p., 1993. 687

- Stekelenborg, R.H.A.; Kornelius, L.- A Diversified Approach Towards Purchasing and Supply. Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods, Gramado, pp.307-17, March 21-24,1994. 317
- Tatikonda, L.U.; Tatikonda, M.V.- Tools for Cost-Effective Product Design and Development. Production and Inventory Management Journal, pp. 22-8, second quarter, 1994. 192
- Tavares M. et allii. A STEP Based Information Management System as a Support to a Concurrent Engineer Environment. Annals of III CIMIS-Net, ECLA/UFSC, Florianópolis, pp. 19-24, June 6-10, 1994. 317
- Temponi, C.; Lewis, F.- Dynamic View of Strategic Performance Measures in a Small Manufacturing Enterprise. Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing, 6-10 September, Singapore, pp. 70-75, 1993. 347
- Tharumarajah, A.; Wells, A.J.; Nemes, L.- Comparison of the Bionic, Fractal and Holonic Manufacturing System Concepts. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, v. 9, n. 3, pp. 217-26, 1996. 709
- Thurston, D.L.; Essington, S.K.- A Tool for Optimal Manufacturing Design Decisions. Manufacturing Review, v. 6, n. 1, pp.48-59, 1993. 251
- Timmermans, P. (a)- Control Architectures and Modular Information Systems: A Comparative Experiment. Proc. Advances in Production Management Systems (B-13), Elsevier, pp. 387-94, 1993. 408
- Timmermans, P. (b)- Modularity in CIM Architectures. Proc. of 2nd Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing, 6-10 September, Singapore, pp. 229-39, 1993. 351
- Tönshoff, H.K.; Glöckner, M.- Production Management by Detecting and Avoiding Chaos. Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods, Gramado, pp.191-97, March 21-24,1994. 488
- Tsukada, T.; Shin, K.G.- Polite Rescheduling: Responding to Local Schedule Disruptions in Distributed Manufacturing Systems. IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, v. 24, pp. 1986-91, 1994. 421
- Turbide, D.A.- MRPII - Still Number One. IIE Solutions, pp. 28-31, July 1995. 754
- Ueda, K.- An Approach to Bionic Manufacturing Systems Based on DNA-Type Information. Proc. of the Int. Conf. on Object-Oriented Manufacturing Systems, pp. 303-08, 1992. 802
- Ueda, K.- Biological-Oriented Paradigm for Artifactual Systems. Japan-USA Symposium on Flexible Automation- A Pacific Rim Conf., pp. 1263-66 July 11-18 1994. 700

- Upton, D.M.; McAfee, A.- The Real Virtual Factory. *Harvard Business Review*, pp. 123-33, July-August 1996. 814
- Upton, DM; Barash, M.M.; Matheson, A.M.- Architectures and Auctions in Manufacturing. *Int. J. Computer Integrated Manufacturing*, v. 4, n. 1, pp. 23-33, 1991. 807
- Valckenaers, P. et alli. Results of the Holonic Control System Benchmark at KULeuven. *Proc. of the 4th IEEE Int. Conf. on Computer Integrated Manufacturing and Automation Techn.*, pp. 128-33, 1994. 697
- Van Houten, F.J.A.M.- Manufacturing Interfaces. *Annals of the CIRP*, v. 41, n. 2, p. 699-710, 1992. 120
- Vernadat, F.- Manufacturing Systems Modelling, Specification and Analysis. *Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods*, Gramado, pp.223-31, March 21-24,1994. 492
- Vernadat, F.B.- Business Process Modelling: Comparing IDEF3 and CIMOSA. in *Re-engineering for Sustainable Industrial Production*, Camarinha-Matos, L.M, (Ed.), Chapman & Hall, pp. 298-307, 1997. 975
- Vijayakumar, P.; Patun, R.- Agile Manufacturing Initiatives at Concurrent Technologies Corp.- *Industrial Engineering*, p. 46-49, february 1994. 147
- Vracking, W.J.- The Innovative Organization. *Long Range Planning*, v. 23, n. 2, p. 94-102, 1990. 715
- Warnecke, H.-J.- *The Fractal Company*. Springer-Verlag, 1993. 715
- Wellington, J.; Smith, B.- ISO TC 184/SC4 - STEP Reference Manual. NIST IR 5665, 57 p., June 1995. 327
- Weston, R.- Model Driven Configuration of Manufacturing Systems in Support of the Dynamic, Virtual Enterprise. *Proc. of CE96 Conf. Concurrent Eng.: Research and Applications*, Toronto, presentation transparencies, Aug.1996. 813
- Wiendahl, H.-P.; Scholtissek, P.- A Simulation Based System to Evaluate the Performance of Production Management Systems. *Proc. IFIP WG5.7 Conf. on Evaluation of Production Management Methods*, Gramado, pp. 03-09, March 21-24,1994. 480
- Wiendahl, H.-P.; Scholtissek, P.- Management and Control of Complexity in Manufacturing. *Annals of the CIRP*, v. 43, n. 2, pp. 333-40, 1994. 719
- Wiendahl, H.-P.; Ullmann, W.- Logistics Performance Measurement of Shop Floor Activities. *Annals of the CIRP*, v. 42, n.1, p. 509-12, 1993. 16

- Wiendahl, H.P.- Logistic Analysis of Production Processes by Operating Curves. *Annals of the CIRP*, v. 40, n. 1, p. 475-78, 1991. 126
- Williams, D.J.- *Manufacturing Systems - An Introduction to Technologies*. Halsted Press (John Wiley & Sons), 222 p., 1988. 1000
- Williams, T.J. (ed.). *A Reference Model for Computer Integrated Manufacturing*. ISA/Purdue Research Foundation, 235 p., 1989. 230
- Williams, T.J. et alli. *Architectures for Integrating Manufacturing Activities and Enterprises*. *Computers in Industry*, v. 24, n. 2-3, pp 111-39, 1994. 734
- Williams, T.J.; Shewchuck, J.P.; Moodie, C.L.- *The Role of CIM Architectures in Flexible Manufacturing Systems*. in *Computer Control of Flex. Manuf. Systems* (Joshi, S.B.; Smith, J.S., Ed.) Chapman & Hall, pp. 1-30, 1994. 776
- Winkler, M.; Mey, M.- *Holonic Manufacturing Systems*. *European Production Engineering*, v. 18, n. 3-4, pp. 10-12, 1994. 698
- Wisner, J.D.; Fawcett, S.E.- *Linking Firm Strategy to Operating Decisions through Peerformance Measurement*. *Production and Inventory Management Journal*, pp. 5-11, Third Quarter, 1991. 1049
- Womack, J.P.; Jones, D.T.- *From Lean Production to the Lean Enterprise*. *Harvard Business Review*, pp. 93-103, March-April 1994. 676
- Womack, J.P.; Jones, D.T.; Roos, D.- *A Máquina que Mudou o Mundo*. Ed. Campus, 364 p., 1992. 677
- Womack, J.P; Jones, D.T. *Beyond Toyota: How to Root Out Waste and Pursue Perfection*. *Harvard Business Review*, pp.140-58, September-October 1996. 885
- Wright, P.K.; Bourne, D.A.- *Manufacturing Intelligence*. Addison-Wesley, 361 p., 1988. 172
- Wu, B.- *Object- oriented Systems Analysis and Definition of Manufacturing Operations*. *Int. J. Prod. Research*, v. 33, n. 4, pp. 955-974, 1995. 630
- Wysk, R.A.; Smith, J.S.- *A Formal Functional Characterization of Shop Floor Control*. *Computers Ind. Engng.*, v. 28, n. 3, pp. 631-643, 1995. 607
- Yang, Q.; Song, B.- *A STEP-Based Product Data Modelling and Implementation Approach to Support Concurrent Engineering*. *Proc. of CE95 Conf. - Concurrent Engineering: Global Perspective*, McLean, VA, pp. 99-106, August 23-25,1995. 533
- Yelle, L.E.- *The Learning Curve: Historical Review and Comprehensive Survey*. *Decision Sciences*, v. 10, n.2 pp. 302-28, 1979. 1016

Zelm, M.; Vernadat, F.B.; Kosanke, K.- The CIMOSA Business Modelling Process. *Computers in Industry*, v. 27, n. 2, pp 123-42, 1995. 732

Zhou, M.; Robbi, A.D.- Application of Petri Net Methodology to Manufacturing Systems. in *Computer Control of Flex. Manuf. Systems* (Joshi, S.B.; Smith, J.S., Ed.) Chapman & Hall, pp. 207-30, 1994. 782

## **Anexo I**

### **Caso Exemplo de UNM Gestora de Contratos de Redutores**

## Caso Exemplo de UNM Gestora de Contratos de Redutores

A rotina de uma UNM oferece um exemplo para ilustrar o processo, através do cálculo do custo de negociação e fechamento de contratos. Trata-se de uma UNM que coordena os contratos para fabricação, montagem e entrega de famílias de redutores (tabela I.1), cuja distribuição percentual das atividades administradas pode ser vista na última coluna do tabela 5.2, com valores obtidos a partir dos dados atualizados da contabilidade. O cálculo do custo do uso dos recursos pode ser visto na tabela I.2, juntamente com um resumo dos volumes e períodos de renovação dos contratos com fornecedores (cujo detalhamento dos cálculos encontra-se a seguir). O rateio é feito pela unidade de medida da atividade, ou seja, número de contratos manipulados, daí a necessidade de se proceder ao levantamento da quantidade de contratos negociados no período.

Tabela I.1 - Famílias de Redutores gerenciadas pela UNM.

Família	Especificação	Faixa de Potência (kW)
1	2 eixos paralelos	1 a 20
2	3 eixos paralelos	5 a 20
3	3 eixos paralelos	30 a 50
4	2 eixos reversos	1 a 10
5	2 eixos reversos, com variador de velocidade	1 a 10

Ao total anual de 424 contratos com fornecedores, devem ser acrescentados os negociados com os clientes que contratam os redutores: são mais 10 contratos (representados por 5 tipos de redutores negociados 2 vezes ao ano), o que perfaz um total de 434 contratos negociados ao ano. A UNM (tal como a UNS), tem a base de rateio suas atividades calcadas predominantemente no tempo dedicado pela equipe a elas (no caso, negociação e fechamento de contratos).

Parâmetros de cálculo do custo:

300 dias úteis/ano, 1 turno de trabalho (8h)  $\Rightarrow$  2400 h/ano

Entrega programada dos lotes de produto a cada 5 dias  $\Rightarrow$  60 lotes de produto/ano.

Tabela I.2 - UNM gestora dos contratos de redutores: Cálculo do custo e resumo dos contratos.

Recurso Gerador	Custo Anual	Rateio
Pessoal: salários	108.000,00	248,85
encargos	86.400,00	199,07
Equipamentos: depreciação	5.130,00	11,82
insumos	412,00	0,95
Instalações: aluguel	5.184,00	11,95
energia	360,00	0,83
manutenção	265,00	0,61
Informações: uso sistema	19.488,00	44,90
rede local	608,00	1,40
Seguros, taxas	1.539,20	3,55
Despesas gerais	9.095,48	20,96
<b>Total</b>	<b>236.481,00</b>	<b>544,89</b>
<b>Custo da atividade negociação contratos (14%):</b>		<b>76,28</b>

Resumo dos Contratos				
Redutor tipo	UNP	UNS	3 <sup>os</sup>	Cliente
1	10	2	11	2
2	14	2	13	2
3	15	3	16	2
4	11	2	12	2
5	14	3	16	2
<b>Subtotal:</b>	<b>64</b>	<b>12</b>	<b>68</b>	<b>10</b>
<b>Total:</b>	<b>434</b>			
Renovação (meses):	6	6		3

Tabela I.3 - Desdobramento dos contratos com UNPs, por família de redutor.

Família	UNP				
	carcaça	eixo	engrenagem	tampa mancal	tampa flangeada
1	2	2	2	2	2
2	2	3	4	3	2
3	3	3	4	3	2
4	3	2	2	2	2
5	3	4	2	3	2

Tabela I.4 - Desdobramento dos contratos com fornecedores externos, por família de redutor.

Família	Fornecedor Externo							UNS (a)
	rolamento	chaveta	retentor	junta	parafuso	olhal	outros	
1	2	2	2	1	3	1	2	2
2	3	2	2	1	4	1	2	2
3	3	2	2	2	4	2	4	3
4	3	2	2	2	3	-	2	2
5	3	2	2	2	3	1	6	3

(a) - paletização, carregamento mecanizado, frete

Tabela I.5 - Quadro resumo dos contratos com UNs e fornecedores.

Família	UNP	Externo	UNS	
1	10	11	2	
2	14	13	2	
3	15	16	3	
4	11	12	2	
5	14	16	3	
<b>Total:</b>	64	68	12	144
<b>Intervalo contratos:</b>	2 a.a.	4 a.a.	2 a.a.	
<b>Nº Contratos anuais</b>	128	272	24	424 (b)
(b) - mais 10 contratos com clientes, total de 434 contratos				

## Cálculo do custo dos recursos:

- 1) Pessoal: 5 pessoas x 12 salários/ano a R\$ 1800,00/ pessoa (médio) = 108.000,00  
 $\Rightarrow 108.000,00/434 = 248,85/\text{contrato}$   
 + Encargos (incluso 13°) e benefícios (80% sobre salários) = 86.400,00  
 $\Rightarrow 199,07/\text{contrato}$  (alguns encargos são repassados diretamente sob a forma de serviços prestados por UNS, tais com transporte, alimentação, assistências social e jurídica, lazer e outros)
- 2) Equipamentos: UNM usa 3 PCs em rede, com impressora e acessórios, mais alguns equipamentos auxiliares de escritório. O ativo total de R\$ 12.800,00 é depreciado em 3 anos. Considera-se juros de 12 a.a. sobre o valor médio para cálculo de depreciação:  
 depreciação =  $(12800,00 + 0,405 \cdot 12800,00/2)/3 = 5130,67/\text{ano} \Rightarrow 11,82/\text{contrato}$   
 (custo/h:  $5130,67/2400 = 2,14$ )  
 insumos (material de consumo): contabilizados R\$ 412,00/ano  $\Rightarrow 0,95/\text{contrato}$
- 3) Instalações: área ocupada de 36,0 m<sup>2</sup> (escritórios, aluguel interno de R\$ 12,00/m<sup>2</sup>.mês):  
 aluguel =  $12,00 \cdot 12 \cdot 36 = 5184,00/\text{ano} \Rightarrow 11,95/\text{contrato}$   
 energia (rateio pela área ocupada) = R\$ 360,00/ano  $\Rightarrow 0,83/\text{contrato}$   
 manutenção (+ segurança, água, incêndio, etc.), rateio pela área ocupada = 265,00  
 $\Rightarrow 0,61/\text{contrato}$
- 4) Informações: o sistema acusa 480 h de acesso ao sistema de informações distribuído na rede, cujo rateio para acesso representa um custo/h de R\$ 58,00. Assume-se que 14% foram dedicados às negociações de contratos, assim:

uso do sistema:  $58,00 \cdot 0,14 \cdot 2400 = 19488,00/\text{ano} \Rightarrow 44,90/\text{contrato}$

rede local:  $3 \text{ nós} \times \text{R\$ } 16,89/\text{nó.mês}, \Rightarrow 608,04/\text{ano} \Rightarrow 1,40/\text{contrato}$

5) Seguros, taxas, impostos: rateio à base de 5% sobre área + 10% sobre equipamentos:

$0,05 \cdot 5184,00 + 0,10 \cdot 12800,00 = 1539,20/\text{ano} \Rightarrow 3,55/\text{contrato}$

6) Despesas gerais: calculado à base de 4% do subtotal (participação das despesas gerais no conjunto das atividades), representado por 227.386,87/ano  $\Rightarrow 9.095,48$

$\Rightarrow 20,96/\text{contrato}$

Estas atividades da UNM não envolvem serviços de terceiros. Os resultados consolidados podem ser vistos na tabela I.2 acima.

## **Anexo II**

### **Modelo Dinâmico do SOMA por Simulação Computacional**

#### **Resultados dos Testes**

## AII.1 - Cenário 01a (cenário 01, com divisão dos contratos em 40 lotes).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	69
R3	69
R5	41
R10	54
R20	48
TOTAL	281

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	46	256	- 3.65	9
UNP2	2	68	25	- . 55	1
UNP3	2	63	182	- 2. 87	7
UNP4	2	43	263	- 4. 34	11
UNP5	12	19	288	- 4. 43	12
UNP6	7	26	285	- 6. 75	15
UNP7	10	16	285	- 6. 63	14
UNP8	12	19	277	- 3. 54	8
UNP9	7	63	393	- 1. 34	6
UNP10	8	60	385	- 9. 93	13
UNP11	7	55	294	- 6. 46	13
UNP12	9	51	345	- 8. 42	17
UNP13	48	0	610	- 17. 34	23
UNP14	64	0	303	- 3. 96	13
UNP15	55	0	611	- 8. 19	13
UNP16	51	0	613	- 9. 90	13
UNP17	2	13	32	- . 93	4
UNP18	2	16	102	- . 65	2
UNP19	3	11	93	- . 81	3
UNP20	2	12	54	- 1. 09	5
<b>Total</b>	<b>297</b>	<b>639</b>	<b>373</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

31

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

40

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	73.08
UNP2	26.53
UNP3	62.52
UNP4	69.81
UNP5	60.06

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	39.80
UNP7	44.20
UNP8	38.25
UNP9	39.47
UNP10	39.11

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	34.58
UNP12	38.04
UNP13	58.20
UNP14	44.29
UNP15	76.37

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	74.46
UNP17	10.35
UNP18	48.46
UNP19	46.22
UNP20	26.83

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	23	41	24	3	33	44	21	23	57	22	28	17	0
R3	20	8	16	21	22	31	35	3	0	25	28	4	1	15	9
R5	13	21	26	0	3	2	19	5	9	13	17	9	23	18	2
R10	0	26	16	14	23	13	4	12	28	1	13	21	14	15	3
R20	8	12	22	26	7	0	1	27	6	9	13	9	4	20	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	716		1135			1417				2137					

## AII.2 - Cenário 01b (cenário 01, com divisão dos contratos em 20 lotes).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	61
R3	57
R5	46
R10	46
R20	46
TOTAL	254

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	0	40	206	- 1.97	7
UNP2	1	63	40	- 3.17	8
UNP3	0	55	150	- 2.41	8
UNP4	4	62	206	- 6.67	15
UNP5	12	21	283	- 3.79	13
UNP6	7	22	167	- 1.94	6
UNP7	9	17	238	- 6.05	15
UNP8	13	22	222	- 3.48	12
UNP9	9	47	356	- 1.38	5
UNP10	14	51	254	- 6.67	13
UNP11	10	62	224	- 3.12	9
UNP12	10	55	312	- 6.07	17
UNP13	55	0	479	- 13.40	23
UNP14	52	0	290	- 3.17	11
UNP15	64	0	500	- 6.18	13
UNP16	53	0	454	- 5.30	14
UNP17	1	13	3	- .07	1
UNP18	2	12	103	- .64	3
UNP19	5	8	73	- .30	2
UNP20	2	10	76	- 1.02	4
<b>Total</b>	<b>329</b>	<b>549</b>	<b>370</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

1

Chamadas recusadas

36

Número de empates ocorridos nas chamadas

3

Número de lotes das chamadas

20

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	95.62
UNP2	35.29
UNP3	66.66
UNP4	40.91
UNP5	64.90

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	68.26
UNP7	46.84
UNP8	52.69
UNP9	73.46
UNP10	42.66

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	48.43
UNP12	61.48
UNP13	101.84
UNP14	81.61
UNP15	70.79

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	85.27
UNP17	19.35
UNP18	96.68
UNP19	38.88
UNP20	72.65

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	16	17	17	13	17	0	5	5	8	13	13	8	17	7	8
R3	14	5	3	16	4	12	8	2	1	2	0	8	8	3	11
R5	8	5	7	0	8	2	12	8	10	13	7	4	7	2	2
R10	11	20	14	21	12	4	2	19	13	3	9	0	8	10	3
R20	13	2	13	13	13	0	3	10	8	13	13	3	4	8	6
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>619</b>		<b>930</b>			<b>1146</b>				<b>1732</b>					

### AII.3 - Cenário 01c (divisão dos contratos em 20 lotes, parâmetros $b$ para qualidade $G_i$ ).

#### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	68
R3	56
R5	52
R10	41
R20	47
TOTAL	204

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	19	0	171	- 2.38	2
UNP2	24	0	127	- 1.68	2
UNP3	25	0	200	- 8.97	23
UNP4	24	0	141	- 2.76	7
UNP5	11	0	279	- 2.62	6
UNP6	23	0	239	- 4.47	12
UNP7	17	0	228	- 5.09	15
UNP8	17	0	228	- 4.56	13
UNP9	37	0	268	- 4.34	11
UNP10	26	0	336	- 4.22	13
UNP11	37	0	285	- 5.19	15
UNP12	32	0	331	- 4.97	14
UNP13	69	0	547	- 8.24	13
UNP14	60	0	462	- 3.04	9
UNP15	64	0	417	- 6.14	17
UNP16	65	0	405	- 6.88	13
UNP17	6	0	95	- 1.23	2
UNP18	9	0	33	- 1.36	1
UNP19	11	0	54	- 2.86	8
UNP20	9	0	83	- 1.30	3
<b>Total</b>	<b>589</b>	<b>0</b>	<b>386</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

1

Chamadas recusadas

2

Número de empates ocorridos nas chamadas

5

Número de lotes das chamadas

20

#### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcaças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed. 1	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	7	13	11	17	15	6	13	5	0	13	13	2	10	11	3
R3	8	5	10	2	10	1	13	7	14	4	0	6	11	9	18
R5	8	8	10	0	13	1	6	8	1	7	12	13	13	11	4
R10	13	12	7	13	7	9	5	6	6	16	0	2	5	8	8
R20	14	21	6	21	13	12	13	3	20	0	13	10	13	10	7
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>639</b>		<b>974</b>			<b>1220</b>				<b>1851</b>					

#### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	97.78
UNP2	78.97
UNP3	57.62
UNP4	94.97
UNP5	83.19

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	64.82
UNP7	34.50
UNP8	85.94
UNP9	47.79
UNP10	51.32

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	85.09
UNP12	66.55
UNP13	103.25
UNP14	102.58
UNP15	97.74

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	96.53
UNP17	79.40
UNP18	62.18
UNP19	28.28
UNP20	66.42

#### AI.4 - Cenário 01d (divisão dos contratos em 20 lotes, parâmetros C para qualidade G).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	61
R3	58
R5	64
R10	42
R20	46
<b>TOTAL</b>	<b>280</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	0	0	170	-2.00	6
UNP2	0	0	221	-8.90	17
UNP3	0	0	189	-3.21	7
UNP4	0	0	102	- .99	2
UNP5	0	0	267	-3.29	9
UNP6	0	0	199	-3.59	11
UNP7	0	0	246	-5.74	15
UNP8	0	0	213	-3.46	13
UNP9	0	0	293	-4.14	15
UNP10	0	0	307	-3.97	14
UNP11	0	0	297	-3.68	12
UNP12	0	0	313	-3.25	8
UNP13	0	0	536	-8.54	13
UNP14	0	0	487	-3.71	13
UNP15	0	0	453	-6.48	13
UNP16	0	0	389	-5.20	15
UNP17	0	0	91	.88	1
UNP18	0	0	57	-1.17	3
UNP19	0	0	93	-1.93	5
UNP20	0	0	29	-1.31	4
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>388</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

0

Número de empates ocorridos nas chamadas

4

Número de lotes das chamadas

20

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	88.18
UNP2	86.95
UNP3	46.39
UNP4	89.58
UNP5	81.91

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	29.25
UNP7	59.75
UNP8	84.48
UNP9	60.74
UNP10	81.05

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	44.95
UNP12	62.44
UNP13	99.72
UNP14	78.20
UNP15	98.63

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	98.62
UNP17	48.96
UNP18	45.66
UNP19	67.64
UNP20	41.94

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	4	22	7	9	5	13	8	5	0	17	11	0	15	12	5
R3	16	3	13	4	11	0	13	6	16	16	6	12	10	5	15
R5	17	17	17	3	28	13	17	0	8	16	15	11	11	23	11
R10	3	18	6	10	5	6	3	5	10	14	0	1	6	10	11
R20	17	18	8	8	8	3	11	8	15	10	3	13	13	0	7
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>662</b>		<b>924</b>			<b>1210</b>				<b>1864</b>					

AII.5 - Cenário 01e (divisão dos contratos em 40 lotes, parâmetros *b* para qualidade *G*).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	69
R3	59
R5	50
R10	41
R20	44
TOTAL	263

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	16	0	213	- 3.16	9
UNP2	18	0	158	- 2.13	6
UNP3	22	0	304	- 16.35	23
UNP4	31	0	136	- 2.98	8
UNP5	9	0	287	- 2.60	6
UNP6	21	0	294	- 5.86	15
UNP7	12	0	352	- 3.65	13
UNP8	17	0	263	- 5.41	13
UNP9	34	0	327	- 5.20	13
UNP10	25	0	408	- 5.68	14
UNP11	33	0	332	- 6.08	11
UNP12	31	0	369	- 5.10	12
UNP13	51	0	682	- 14.28	13
UNP14	40	0	536	- 2.05	4
UNP15	68	0	468	- 7.13	17
UNP16	59	0	437	- 7.12	13
UNP17	8	0	87	- 1.03	2
UNP18	11	0	32	08	1
UNP19	9	0	51	- 2.70	7
UNP20	6	0	93	- 1.29	3
<b>Total</b>	<b>520</b>	<b>0</b>	<b>388</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

0

Número de empates ocorridos nas chamadas

5

Número de lotes das chamadas

40

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	66.00
UNP2	70.00
UNP3	69.09
UNP4	35.78
UNP5	56.52

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	44.00
UNP7	61.72
UNP8	43.75
UNP9	47.05
UNP10	38.54

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	65.56
UNP12	46.33
UNP13	67.47
UNP14	61.51
UNP15	62.35

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	71.81
UNP17	40.36
UNP18	19.06
UNP19	22.68
UNP20	69.91

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	14	47	24	43	23	23	49	14	11	13	54	32	37	26	0
R3	48	23	32	5	43	3	37	4	54	0	0	6	33	18	25
R5	9	33	26	7	39	9	26	0	16	13	12	33	14	15	12
R10	13	36	51	27	27	24	13	6	26	36	0	11	13	13	24
R20	12	44	6	26	13	7	27	13	17	0	25	23	14	11	21
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>811</b>		<b>1196</b>			<b>1425</b>				<b>2122</b>					

AII.6 - Cenário 01f (divisão dos contratos em 40 lotes, parâmetros C para qualidade G).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	69
R3	59
R5	50
R10	41
R20	44
TOTAL	263

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	0	0	109	- 2. 11	6
UNP2	0	0	283	- 13. 36	13
UNP3	0	0	225	- 5. 28	13
UNP4	0	0	134	- 1. 23	4
UNP5	0	0	281	- 3. 38	8
UNP6	0	0	262	- 4. 92	12
UNP7	0	0	326	- 3. 32	17
UNP8	0	0	328	- 5. 17	14
UNP9	0	0	321	- 3. 39	15
UNP10	0	0	324	- 3. 43	13
UNP11	0	0	436	- 7. 54	15
UNP12	0	0	347	- 3. 12	7
UNP13	0	0	641	- 13. 10	13
UNP14	0	0	528	- 3. 41	9
UNP15	0	0	560	- 3. 48	13
UNP16	0	0	305	- 4. 44	11
UNP17	0	0	102	1. 00	1
UNP18	0	0	55	- . 99	3
UNP19	0	0	73	- 1. 63	5
UNP20	0	0	33	- . 86	2
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>398</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

0

Número de empates ocorridos nas chamadas

4

Número de lotes das chamadas

40

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	48. 01
UNP2	72. 14
UNP3	52. 81
UNP4	61. 69
UNP5	51. 28

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	48. 80
UNP7	46. 35
UNP8	60. 55
UNP9	42. 42
UNP10	28. 07

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	64. 33
UNP12	50. 76
UNP13	82. 33
UNP14	67. 74
UNP15	68. 84

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	64. 24
UNP17	77. 66
UNP18	22. 40
UNP19	28. 19
UNP20	26. 67

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	14	47	24	48	23	23	53	14	11	13	56	32	37	26	0
R3	48	23	32	6	43	3	37	4	54	0	0	6	33	18	26
R5	9	33	25	7	33	8	26	0	16	13	12	33	14	15	12
R10	13	36	61	27	27	24	13	6	26	36	0	11	13	13	24
R20	12	44	6	26	13	7	27	13	17	0	25	23	14	11	21
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>811</b>		<b>1196</b>			<b>1426</b>				<b>2123</b>					

## AII.7 - Cenário 02 (aumento da produção em 20%, divisão dos contratos em 10 lotes).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	37
R3	31
R5	31
R10	29
R20	28
<b>TOTAL</b>	<b>156</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	3	76	86	- . 80	3
UNP2	1	80	79	- 1. 42	13
UNP3	0	78	90	- 1. 77	11
UNP4	4	77	94	- 1. 02	7
UNP5	8	25	135	- 1. 38	9
UNP6	6	25	123	- 1. 34	8
UNP7	8	22	143	- 1. 95	13
UNP8	8	27	128	- 1. 86	12
UNP9	8	42	205	- 3. 82	17
UNP10	4	46	173	- 2. 66	14
UNP11	7	47	195	- 4. 08	13
UNP12	8	48	113	- . 96	6
UNP13	116	0	284	- 4. 56	23
UNP14	118	0	220	- 3. 85	13
UNP15	118	0	281	- 4. 56	13
UNP16	119	0	269	- 2. 87	15
UNP17	1	16	29	- . 15	1
UNP18	0	22	40	- . 81	4
UNP19	1	19	53	- . 37	2
UNP20	1	17	34	- . 83	6
<b>Total</b>	<b>536</b>	<b>666</b>	<b>324</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

104

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

10

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	84.02
UNP2	106.24
UNP3	31.68
UNP4	84.28
UNP5	79.54

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	37.08
UNP7	76.85
UNP8	16.68
UNP9	68.34
UNP10	62.68

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	24.61
UNP12	75.55
UNP13	69.52
UNP14	91.47
UNP15	85.79

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	103.36
UNP17	57.96
UNP18	0.00
UNP19	101.35
UNP20	103.63

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcaças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	6	6	4	4	4	3	5	4	3	6	1	2	4	0	6
R3	4	5	7	6	7	3	5	3	2	0	3	5	5	2	4
R5	5	0	2	3	1	2	3	0	2	0	4	1	3	2	2
R10	4	3	2	2	4	2	3	4	2	3	2	0	2	6	2
R20	2	2	6	5	4	4	4	4	4	6	2	4	1	0	0
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>349</b>		<b>529</b>			<b>686</b>				<b>1014</b>					

## AII.8 - Cenário 02a (aumento da produção em 20%, divisão dos contratos em 20 lotes).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	61
R3	63
R5	37
R10	44
R20	50
<b>TOTAL</b>	<b>255</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	47	175	- 1.55	8
UNP2	1	55	111	- 1.90	9
UNP3	1	47	148	- 1.74	7
UNP4	5	47	192	- 3.58	11
UNP5	16	23	273	- 5.4	2
UNP6	7	26	242	- 6.10	14
UNP7	7	21	194	- 3.22	10
UNP8	8	22	241	- 4.87	12
UNP9	10	53	318	- 2.80	6
UNP10	9	49	300	- 8.12	13
UNP11	8	56	236	- 4.90	13
UNP12	6	50	318	- 5.90	13
UNP13	67	0	501	- 11.49	20
UNP14	77	0	340	- 7.12	13
UNP15	78	0	465	- 5.92	17
UNP16	68	0	500	- 5.42	15
UNP17	1	14	14	- .10	1
UNP18	2	11	94	- .09	4
UNP19	7	6	88	- .59	3
UNP20	2	12	89	- 1.28	5
<b>Total</b>	<b>384</b>	<b>539</b>	<b>375</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

3

Chamadas recusadas

29

Número de empates ocorridos nas chamadas

1

Número de lotes das chamadas

20

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	90.01
UNP2	108.17
UNP3	92.33
UNP4	67.66
UNP5	97.44

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	71.58
UNP7	61.61
UNP8	84.27
UNP9	67.16
UNP10	48.26

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	55.34
UNP12	99.06
UNP13	89.04
UNP14	95.23
UNP15	108.20

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	107.24
UNP17	50.83
UNP18	105.68
UNP19	48.74
UNP20	61.29

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcasas		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	16	13	13	20	27	0	2	3	9	23	21	8	12	4	13
R3	11	13	16	18	13	13	20	4	14	17	13	14	13	0	8
R5	8	12	10	2	8	3	11	12	6	1	12	15	12	6	0
R10	2	20	7	13	14	6	6	8	8	8	0	12	8	2	4
R20	8	9	11	6	5	3	0	17	10	17	9	5	12	6	0
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>625</b>		<b>950</b>			<b>1172</b>				<b>1806</b>					

## AII.9 - Cenário 02b (aumento da produção em 20%, divisão dos contratos em 40 lotes).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	89
R3	89
R5	41
R10	54
R20	48
TOTAL	281

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	46	266	- 3.86	9
UNP2	2	68	25	- .55	1
UNP3	2	63	182	- 2.87	7
UNP4	2	43	263	- 4.34	11
UNP5	12	19	288	- 4.43	12
UNP6	7	26	285	- 3.75	14
UNP7	10	15	285	- 3.63	14
UNP8	12	19	278	- 3.64	8
UNP9	7	63	393	- 1.34	6
UNP10	6	60	386	- 3.83	13
UNP11	7	55	294	- 6.45	13
UNP12	9	61	346	- 3.42	17
UNP13	48	0	611	- 17.35	23
UNP14	54	0	305	- 3.99	13
UNP15	55	0	612	- 3.17	13
UNP16	51	0	615	- 3.92	13
UNP17	2	13	32	- .93	4
UNP18	2	15	102	- .65	2
UNP19	3	11	93	- .81	3
UNP20	2	12	54	- 1.08	6
<b>Total</b>	<b>287</b>	<b>538</b>	<b>373</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

31

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

40

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	91.23
UNP2	31.88
UNP3	64.13
UNP4	95.22
UNP5	73.02

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	50.10
UNP7	54.63
UNP8	46.52
UNP9	49.60
UNP10	48.06

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	41.80
UNP12	46.65
UNP13	71.40
UNP14	54.68
UNP15	92.70

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	92.30
UNP17	13.37
UNP18	58.96
UNP19	57.06
UNP20	32.50

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcaças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	29	41	24	3	33	44	21	23	57	22	28	17	0
R3	20	8	16	21	22	31	35	3	0	23	28	4	1	15	10
R5	13	21	27	0	3	2	19	6	0	14	17	0	23	18	3
R10	0	26	16	14	23	13	4	12	28	1	13	22	14	15	3
R20	8	12	22	26	7	0	1	27	6	9	13	9	4	21	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>716</b>		<b>1136</b>			<b>1417</b>				<b>2142</b>					

## AII.10 - Cenário 03 (aumento da produção em 50%, divisão dos contratos em 10 lotes).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	34
R3	31
R5	26
R10	23
R20	23
<b>TOTAL</b>	<b>137</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	3	85	82	-3.35	15
UNP2	5	86	64	-1.59	7
UNP3	1	84	101	-.86	4
UNP4	0	88	64	-1.97	9
UNP5	8	31	119	-1.90	8
UNP6	7	29	114	-2.30	13
UNP7	10	27	130	-4.00	13
UNP8	13	26	114	-2.48	11
UNP9	13	36	146	-1.52	6
UNP10	6	47	165	-2.71	14
UNP11	7	35	153	-2.61	12
UNP12	5	46	157	-4.68	13
UNP13	145	0	207	-3.01	15
UNP14	133	0	189	-3.47	17
UNP15	142	0	241	-4.78	23
UNP16	138	0	259	-2.68	13
UNP17	1	12	29	-.46	3
UNP18	1	13	37	-.95	5
UNP19	1	12	41	-.11	1
UNP20	0	14	30	-.35	2
<b>Total</b>	<b>637</b>	<b>672</b>	<b>300</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

139

Número de empates ocorridos nas chamadas

1

Número de lotes das chamadas

10

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	90.05
UNP2	28.22
UNP3	107.95
UNP4	91.12
UNP5	100.74

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	61.63
UNP7	106.21
UNP8	68.72
UNP9	68.90
UNP10	65.00

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	98.41
UNP12	44.87
UNP13	109.39
UNP14	103.98
UNP15	102.57

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	95.20
UNP17	59.57
UNP18	104.17
UNP19	57.63
UNP20	0.00

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	4	3	4	5	5	6	3	9	4	5	3	2	2	2	0
R3	3	5	6	5	3	5	4	0	3	4	4	0	2	2	1
R5	5	4	4	4	3	1	4	1	2	3	2	3	4	0	3
R10	6	0	4	3	3	3	5	5	1	2	3	5	4	5	1
R20	5	2	5	5	4	3	6	3	5	1	1	4	4	2	0
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>311</b>		<b>476</b>			<b>621</b>				<b>896</b>					

AII.11 - Cenário 03a (aumento da produção em 50%, divisão dos contratos em 20 lotes).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	80
R3	46
R5	44
R10	43
R20	39
<b>TOTAL</b>	<b>232</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	2	65	168	-1.88	8
UNP2	3	68	122	-1.02	4
UNP3	3	65	136	-2.35	8
UNP4	1	69	102	-2.75	11
UNP5	10	20	193	-2.61	9
UNP6	10	21	196	-2.14	7
UNP7	8	19	191	-2.71	13
UNP8	6	22	287	-5.39	15
UNP9	9	53	288	-3.83	13
UNP10	12	59	230	-5.57	13
UNP11	7	55	337	-9.80	23
UNP12	7	53	290	-4.11	14
UNP13	105	0	397	-9.39	19
UNP14	106	0	337	-3.84	12
UNP15	112	0	425	-7.50	13
UNP16	98	0	460	-5.84	17
UNP17	2	8	21	-.05	2
UNP18	2	10	73	-.91	3
UNP19	2	7	95	.16	1
UNP20	1	9	53	-1.30	5
<b>Total</b>	<b>506</b>	<b>603</b>	<b>333</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

89

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

20

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	48.25
UNP2	104.29
UNP3	90.27
UNP4	108.71
UNP5	97.88

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	70.88
UNP7	73.52
UNP8	62.75
UNP9	84.80
UNP10	33.79

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	96.30
UNP12	52.28
UNP13	100.69
UNP14	95.94
UNP15	105.70

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	104.17
UNP17	66.81
UNP18	30.80
UNP19	83.22
UNP20	86.53

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	19	22	17	8	19	2	5	15	13	14	10	8	12	11	0
R3	4	8	5	10	12	15	14	13	4	9	0	2	0	0	2
R5	13	14	11	17	11	12	9	9	9	9	14	8	0	13	9
R10	7	15	3	7	12	17	8	12	7	2	12	9	13	0	16
R20	3	4	2	12	4	6	8	7	8	0	1	10	9	2	2
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>578</b>		<b>846</b>			<b>1125</b>				<b>1607</b>					

AlI.12 - Cenário 03b (aumento da produção em 50%, divisão dos contratos em 40 lotes).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	67
R3	70
R5	41
R10	53
R20	48
<b>TOTAL</b>	<b>270</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	47	253	-3.64	9
UNP2	4	57	19	- .48	1
UNP3	2	48	191	-3.08	7
UNP4	2	43	250	-4.33	12
UNP5	12	19	277	-4.28	11
UNP6	5	26	294	-3.75	14
UNP7	10	14	291	-3.85	15
UNP8	10	19	286	-3.48	8
UNP9	9	51	401	-1.30	6
UNP10	6	53	378	-3.69	13
UNP11	7	50	299	-0.25	13
UNP12	8	54	339	-3.40	17
UNP13	51	0	600	-17.34	23
UNP14	50	0	309	-4.09	13
UNP15	64	0	607	-7.83	13
UNP16	57	0	816	-3.89	13
UNP17	2	12	33	- .99	4
UNP18	2	13	102	- .65	3
UNP19	3	9	89	- .63	2
UNP20	3	9	55	-1.15	5
<b>Total</b>	<b>311</b>	<b>523</b>	<b>375</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

3

Chamadas recusadas

28

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

40

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	101.36
UNP2	16.63
UNP3	104.60
UNP4	89.08
UNP5	68.63

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	55.32
UNP7	80.30
UNP8	73.86
UNP9	69.74
UNP10	44.25

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	63.65
UNP12	48.42
UNP13	86.33
UNP14	85.95
UNP15	98.72

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	105.81
UNP17	29.21
UNP18	62.95
UNP19	68.69
UNP20	41.01

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	21	24	23	42	22	4	31	44	23	33	57	19	28	16	0
R3	20	8	22	22	23	33	33	7	0	23	31	8	3	17	11
R5	13	23	27	0	3	2	19	5	9	14	17	9	23	18	3
R10	0	26	16	14	23	13	4	12	28	1	13	22	14	15	3
R20	8	12	22	26	7	0	1	27	6	9	13	9	4	21	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>713</b>		<b>1138</b>			<b>1417</b>				<b>2141</b>					

## AII.13 - Cenário 04 (produção divisão dos contratos em 20 lotes o dobro de desvio de demanda).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	63
R3	56
R5	42
R10	47
R20	48
<b>TOTAL</b>	<b>256</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	6	49	175	- 1.86	5
UNP2	2	59	91	- 2.78	9
UNP3	1	53	174	- 2.17	6
UNP4	3	51	186	- 2.98	13
UNP5	10	21	263	- 4.08	13
UNP6	9	18	258	- 3.92	12
UNP7	7	22	214	- 4.56	15
UNP8	13	20	197	- 2.69	8
UNP9	8	48	386	- 2.38	7
UNP10	7	50	306	- 7.84	12
UNP11	7	54	214	- 3.45	11
UNP12	6	60	248	- 5.93	13
UNP13	102	0	554	- 8.39	23
UNP14	102	0	265	- 4.29	14
UNP15	135	0	391	- 5.68	17
UNP16	109	0	517	- 4.60	15
UNP17	1	11	20	- 64	3
UNP18	3	10	99	- 60	2
UNP19	3	8	84	- 35	1
UNP20	0	10	53	- 76	4
<b>Total</b>	<b>534</b>	<b>543</b>	<b>330</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

92

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

20

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	34.50
UNP2	86.37
UNP3	35.84
UNP4	40.70
UNP5	61.12

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	67.26
UNP7	32.19
UNP8	26.32
UNP9	67.83
UNP10	41.89

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	37.41
UNP12	28.93
UNP13	73.10
UNP14	86.57
UNP16	37.75

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	77.33
UNP17	14.66
UNP18	62.22
UNP19	55.70
UNP20	35.33

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcasas		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	16	13	14	27	27	0	15	3	15	13	12	11	10	1	6
R3	6	13	3	9	2	11	7	6	0	12	2	10	8	1	1
R5	4	9	4	4	1	0	2	6	5	1	13	3	3	1	2
R10	7	5	8	1	12	4	0	8	7	2	7	0	4	10	4
R20	6	17	13	21	9	6	0	10	13	6	13	3	6	8	4
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>616</b>		<b>932</b>			<b>1154</b>				<b>1726</b>					

AII.14 - Cenário 05 (produção divisão dos contratos em 20 lotes com  $K_Q = 2$ ).**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	60
R3	55
R5	43
R10	46
R20	44
TOTAL	248

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	5	46	175	- 1.78	5
UNP2	2	55	82	- 2.64	8
UNP3	0	49	162	- 1.87	6
UNP4	2	47	186	- 3.15	13
UNP5	11	19	232	- 2.86	9
UNP6	9	20	237	- 4.09	13
UNP7	8	19	216	- 4.61	15
UNP8	10	18	238	- 3.92	12
UNP9	8	46	376	- 2.55	7
UNP10	8	46	336	- 8.08	13
UNP11	8	53	201	- 3.29	11
UNP12	8	56	254	- 6.13	13
UNP13	134	0	509	- 8.17	23
UNP14	128	0	302	- 4.37	14
UNP15	157	0	391	- 5.58	17
UNP16	131	0	520	- 5.21	15
UNP17	2	9	26	- .77	4
UNP18	2	9	97	- .73	3
UNP19	3	7	76	- .12	1
UNP20	0	9	49	- .45	2
Total	634	505	314		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

115

Número de empates ocorridos nas chamadas

1

Número de lotes das chamadas

20

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	50.91
UNP2	74.84
UNP3	24.02
UNP4	53.62
UNP5	61.20

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	48.24
UNP7	38.12
UNP8	33.63
UNP9	76.41
UNP10	59.76

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	20.05
UNP12	35.24
UNP13	50.20
UNP14	93.71
UNP15	36.07

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	81.11
UNP17	36.36
UNP18	58.83
UNP19	26.98
UNP20	28.90

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	14	14	14	23	23	0	15	2	15	12	14	13	12	3	7
R3	9	13	6	12	5	14	13	9	3	15	10	13	23	0	2
R5	8	11	8	11	4	0	6	17	6	3	8	6	8	9	7
R10	13	10	10	13	14	12	7	18	12	12	14	0	9	8	6
R20	3	13	11	18	11	5	0	11	12	2	12	0	3	4	2
Total de lotes produzidos	605		922			1167				1722					

AII.15 - Cenário 05a (produção divisão dos contratos em 20 lotes com  $K_C = 2$ ).**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	60
R3	55
R5	43
R10	46
R20	46
TOTAL	248

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	5	46	175	- 1.79	6
UNP2	2	55	82	- 2.59	8
UNP3	0	40	182	- 1.94	6
UNP4	2	47	166	- 2.95	13
UNP5	10	21	272	- 4.02	14
UNP6	8	21	230	- 3.91	13
UNP7	9	19	206	- 3.87	12
UNP8	10	16	206	- 2.29	7
UNP9	9	47	347	- 2.61	9
UNP10	9	44	331	- 7.69	19
UNP11	5	54	231	- 3.21	11
UNP12	8	54	269	- 6.08	19
UNP13	134	0	508	- 8.12	23
UNP14	127	0	200	- 4.40	15
UNP15	166	0	391	- 6.28	17
UNP16	132	0	532	- 4.76	19
UNP17	2	9	25	- .69	3
UNP18	2	9	97	- .72	4
UNP19	3	7	76	- .17	1
UNP20	0	9	50	- .96	2
<b>Total</b>	<b>633</b>	<b>507</b>	<b>314</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

115

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

20

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	60.91
UNP2	74.84
UNP3	24.02
UNP4	53.62
UNP5	61.20

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	48.09
UNP7	30.93
UNP8	35.92
UNP9	64.69
UNP10	55.68

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	32.50
UNP12	40.05
UNP13	50.20
UNP14	90.40
UNP15	36.07

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	64.42
UNP17	36.36
UNP18	69.83
UNP19	25.99
UNP20	28.90

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	14	14	14	23	23	0	15	2	15	12	14	13	12	3	7
R3	9	13	6	12	6	14	13	9	9	15	10	13	23	0	2
R5	9	11	6	11	4	0	6	17	6	3	8	6	8	9	7
R10	13	10	10	13	14	12	7	18	12	12	14	0	9	8	6
R20	3	13	9	17	6	7	2	9	11	2	12	0	3	4	2
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>605</b>		<b>914</b>			<b>1168</b>				<b>1722</b>					

AII.16 - Cenário 05b (produção divisão dos contratos em 20 lotes com  $K_T = 2$ ).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	60
R3	56
R5	43
R10	46
R20	46
TOTAL	248

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	5	46	175	-2.04	5
UNP2	2	55	82	-2.77	7
UNP3	0	49	162	-2.22	6
UNP4	2	47	166	-3.16	9
UNP5	10	21	252	-3.83	12
UNP6	8	21	230	-4.53	14
UNP7	9	19	208	-4.35	13
UNP8	10	18	226	-3.41	10
UNP9	9	47	371	-3.08	8
UNP10	9	44	331	-8.82	13
UNP11	5	54	207	-3.48	11
UNP12	8	54	259	-6.82	13
UNP13	134	0	509	-9.16	20
UNP14	127	0	290	-4.91	15
UNP15	156	0	391	-5.99	13
UNP16	132	0	532	-6.05	17
UNP17	2	9	25	-.74	3
UNP18	2	9	97	-.81	4
UNP19	3	7	76	-.31	1
UNP20	0	9	50	-.61	2
<b>Total</b>	<b>633</b>	<b>507</b>	<b>314</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

115

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

20

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	50.91
UNP2	74.84
UNP3	24.02
UNP4	63.82
UNP5	61.20

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	48.09
UNP7	30.83
UNP8	35.92
UNP9	72.06
UNP10	55.68

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	25.13
UNP12	40.05
UNP13	50.20
UNP14	90.40
UNP15	38.07

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	84.42
UNP17	38.36
UNP18	59.83
UNP19	25.99
UNP20	28.90

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcasas		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	14	14	14	23	23	0	15	2	15	12	14	13	12	3	7
R3	9	13	8	12	5	14	13	9	3	15	10	13	20	0	2
R5	9	11	8	11	4	0	6	17	6	3	8	6	8	9	7
R10	13	10	10	13	14	12	7	18	12	12	14	0	9	8	6
R20	3	15	9	17	6	7	2	9	11	2	12	0	3	4	2
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>605</b>		<b>914</b>			<b>1168</b>				<b>1722</b>					

AII.17 - Cenário 06 (produção divisão dos contratos em 20 lotes com  $K_Q = 5$ ).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	58
R3	58
R5	37
R10	44
R20	42
TOTAL	239

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	34	128	-1.38	4
UNP2	1	40	127	-4.05	13
UNP3	2	38	135	-1.53	5
UNP4	4	31	201	-3.42	11
UNP5	10	18	270	-4.40	15
UNP6	8	20	213	-1.97	8
UNP7	7	12	183	-4.01	12
UNP8	7	18	184	-2.76	13
UNP9	7	38	316	-1.83	7
UNP10	5	37	286	-7.40	23
UNP11	8	40	253	-5.45	13
UNP12	5	40	263	-4.20	14
UNP13	185	0	438	-5.41	13
UNP14	188	0	355	-2.30	9
UNP15	208	0	388	-5.61	17
UNP16	182	0	477	-3.06	13
UNP17	1	11	15	-1.16	2
UNP18	6	7	70	-1.02	3
UNP19	3	9	67	-1.10	1
UNP20	2	6	87	-1.59	6
<b>Total</b>	<b>843</b>	<b>399</b>	<b>282</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

160

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

20

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	42.89
UNP2	72.86
UNP3	10.78
UNP4	44.68
UNP5	55.64

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	26.07
UNP7	37.29
UNP8	28.08
UNP9	42.79
UNP10	30.22

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	34.98
UNP12	51.89
UNP13	34.32
UNP14	80.90
UNP15	27.86

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	66.82
UNP17	20.81
UNP18	49.17
UNP19	10.88
UNP20	65.26

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	8	13	13	12	13	3	2	1	4	15	8	11	11	1	0
R3	13	14	19	5	12	8	15	0	13	17	13	11	11	6	1
R5	25	15	16	1	1	0	16	13	5	1	5	2	1	6	8
R10	0	19	5	6	11	8	13	17	8	13	16	5	2	12	4
R20	2	4	5	4	13	3	0	17	13	14	3	4	5	13	5
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>591</b>		<b>850</b>			<b>1118</b>				<b>1658</b>					

AII.18 - Cenário 06a (produção divisão dos contratos em 20 lotes com  $K_C = 5$ ).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	63
R3	58
R5	44
R10	47
R20	50
TOTAL	262

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	51	187	-1.76	9
UNP2	0	63	81	-1.08	6
UNP3	2	58	157	-1.51	7
UNP4	2	59	185	-2.48	13
UNP5	18	16	330	-4.61	13
UNP6	6	24	182	-1.71	8
UNP7	12	15	228	-3.23	13
UNP8	14	20	200	-3.18	12
UNP9	10	54	300	-0.85	5
UNP10	9	50	278	-7.30	13
UNP11	8	57	254	-2.98	11
UNP12	6	57	358	-5.47	17
UNP13	52	0	481	-3.67	23
UNP14	55	0	289	-3.35	14
UNP15	86	0	448	-4.40	15
UNP16	57	0	542	-3.27	13
UNP17	2	13	16	-0.17	1
UNP18	2	14	110	-0.42	3
UNP19	5	8	76	-0.18	2
UNP20	0	11	61	-0.49	4
Total	350	570	370		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

1

Chamadas recusadas

38

Número de empates ocorridos nas chamadas

3

Número de lotes das chamadas

20

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	104.82
UNP2	43.73
UNP3	52.26
UNP4	35.29
UNP5	74.61

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	42.45
UNP7	39.87
UNP8	50.32
UNP9	50.44
UNP10	55.75

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	48.02
UNP12	72.99
UNP13	83.37
UNP14	94.01
UNP15	49.08

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	101.74
UNP17	21.47
UNP18	46.66
UNP19	46.68
UNP20	68.69

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcasas		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	11	24	15	17	15	3	4	0	5	17	16	2	8	8	4
R3	10	13	9	9	4	12	12	7	5	8	3	6	13	3	0
R5	11	1	6	3	8	3	10	0	8	7	13	1	9	1	3
R10	0	15	16	14	23	16	8	17	16	6	15	6	8	8	12
R20	1	3	8	2	0	4	5	10	6	0	1	0	5	6	2
Total de lotes produzidos	610		940			1199				1761					

AII.19 - Cenário 06b (produção divisão dos contratos em 20 lotes com  $K_T = 5$ ).**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	80
R3	55
R5	43
R10	45
R20	45
TOTAL	248

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	5	46	175	-2.68	6
UNP2	2	55	82	-3.43	7
UNP3	0	49	182	-2.62	6
UNP4	2	47	186	-3.54	8
UNP5	10	21	252	-4.53	11
UNP6	8	21	230	-5.42	13
UNP7	9	19	206	-5.42	14
UNP8	10	16	226	-4.67	12
UNP9	9	47	371	-3.83	9
UNP10	9	44	331	-13.06	13
UNP11	5	54	207	-4.15	13
UNP12	8	54	259	-3.42	13
UNP13	134	0	509	-12.03	23
UNP14	128	0	290	-5.94	15
UNP15	156	0	391	-7.68	15
UNP16	132	0	532	-7.85	17
UNP17	2	9	25	-0.82	3
UNP18	2	9	97	-0.94	4
UNP19	3	7	76	-0.53	1
UNP20	0	9	50	-0.78	2
<b>Total</b>	<b>634</b>	<b>507</b>	<b>314</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

115

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

20

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	50.91
UNP2	74.84
UNP3	24.02
UNP4	53.82
UNP5	61.20

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	48.09
UNP7	30.93
UNP8	35.02
UNP9	72.06
UNP10	55.68

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	25.13
UNP12	40.05
UNP13	50.20
UNP14	90.40
UNP15	36.07

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	84.42
UNP17	36.36
UNP18	59.83
UNP19	25.99
UNP20	28.90

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	14	14	14	23	23	0	15	2	13	12	14	13	12	3	7
R3	9	13	6	12	5	14	13	9	3	15	10	13	23	0	2
R5	9	11	6	11	4	0	6	17	6	3	8	6	8	9	7
R10	13	10	10	13	14	12	7	18	12	12	14	0	6	8	6
R20	3	15	9	17	8	7	2	9	11	2	12	0	3	4	2
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>605</b>		<b>914</b>			<b>1168</b>				<b>1722</b>					

AII.20 - Cenário 07 (produção com divisão dos contratos em 60 lotes e demanda original).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	69
R3	66
R5	41
R10	54
R20	48
TOTAL	281

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	46	256	-3.65	8
UNP2	2	58	25	-0.65	1
UNP3	2	53	182	-2.87	7
UNP4	2	43	253	-4.34	11
UNP5	12	19	288	-4.43	12
UNP6	7	26	286	-3.75	14
UNP7	10	15	292	-5.91	15
UNP8	12	19	281	-3.70	9
UNP9	7	53	393	-1.34	6
UNP10	6	50	390	-3.88	12
UNP11	7	55	295	-6.53	13
UNP12	9	51	353	-2.29	17
UNP13	48	0	651	-13.77	23
UNP14	54	0	305	-3.89	13
UNP15	66	0	612	-3.17	15
UNP16	61	0	614	-2.92	13
UNP17	2	13	32	-0.93	4
UNP18	2	15	102	-0.66	2
UNP19	3	11	93	-0.81	3
UNP20	2	12	64	-1.09	5
<b>Total</b>	<b>287</b>	<b>639</b>	<b>373</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

31

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

60

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	48.72
UNP2	17.69
UNP3	35.01
UNP4	46.54
UNP5	40.04

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	29.90
UNP7	31.44
UNP8	28.45
UNP9	28.31
UNP10	31.70

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	25.24
UNP12	26.89
UNP13	38.80
UNP14	29.53
UNP15	50.91

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	49.64
UNP17	6.90
UNP18	32.31
UNP19	30.81
UNP20	17.89

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcasas		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	23	41	24	3	34	45	21	23	77	22	28	17	0
R3	20	8	19	21	22	31	33	3	0	25	28	4	1	15	10
R5	13	21	27	0	3	2	19	6	0	14	17	9	23	18	3
R10	0	26	16	14	23	13	4	12	36	1	13	42	14	15	3
R20	8	12	23	27	7	0	1	27	6	9	13	9	4	21	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>716</b>		<b>1147</b>			<b>1431</b>				<b>2182</b>					

## AII.21 - Cenário 07a (divisão dos contratos em 60 lotes e aumento de demanda 20%).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	69
R3	69
R5	41
R10	54
R20	48
TOTAL	281

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	46	256	-3.66	8
UNP2	2	68	26	-1.56	1
UNP3	2	53	182	-2.87	7
UNP4	2	43	253	-4.34	11
UNP5	12	19	289	-4.44	12
UNP6	7	26	286	-3.75	14
UNP7	10	15	292	-3.91	15
UNP8	12	19	282	-3.78	9
UNP9	7	53	393	-1.34	6
UNP10	6	51	391	-13.02	13
UNP11	7	58	207	-8.69	13
UNP12	9	51	364	-2.40	17
UNP13	46	0	662	-13.78	23
UNP14	54	0	305	-3.99	13
UNP15	55	0	614	-3.20	13
UNP16	51	0	616	-3.82	13
UNP17	2	13	32	-1.93	4
UNP18	2	15	102	-1.66	2
UNP19	3	11	93	-1.81	3
UNP20	2	12	64	-1.09	6
<b>Total</b>	<b>297</b>	<b>641</b>	<b>374</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

3

Chamadas recusadas

31

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

60

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	60.82
UNP2	21.24
UNP3	42.75
UNP4	56.81
UNP5	48.68

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	37.44
UNP7	38.78
UNP8	34.41
UNP9	33.06
UNP10	38.82

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	30.40
UNP12	32.99
UNP13	47.60
UNP14	36.45
UNP15	61.80

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	61.63
UNP17	8.91
UNP18	39.30
UNP19	38.04
UNP20	21.67

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	23	41	24	3	34	45	21	23	77	22	28	17	0
R3	20	8	20	21	23	31	35	3	0	27	28	5	1	16	11
R5	15	21	27	0	3	3	18	5	9	14	17	13	23	18	3
R10	0	26	16	14	23	14	4	12	37	1	13	42	14	15	3
R20	8	12	23	27	7	0	1	27	6	9	13	9	4	21	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	716		1149			1435				2186					

## AII.22 - Cenário 07b (divisão dos contratos em 60 lotes e aumento de demanda 50%).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	60
R3	60
R5	41
R10	54
R20	48
<b>TOTAL</b>	<b>281</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	46	256	-3.65	2
UNP2	2	58	25	-.55	1
UNP3	2	63	182	-2.87	2
UNP4	2	43	253	-4.34	11
UNP5	12	19	288	-4.43	12
UNP6	7	26	286	-3.75	14
UNP7	10	15	292	-3.91	15
UNP8	12	19	281	-3.70	9
UNP9	7	63	393	-1.34	2
UNP10	6	50	390	-2.98	13
UNP11	7	55	295	-6.63	13
UNP12	0	51	353	-3.29	17
UNP13	48	0	661	-13.77	23
UNP14	54	0	305	-3.99	13
UNP15	55	0	612	-3.17	15
UNP16	51	0	616	-3.92	13
UNP17	2	13	32	-.93	2
UNP18	2	15	102	-.66	2
UNP19	3	11	93	-.81	3
UNP20	2	12	64	-1.09	5
<b>Total</b>	<b>297</b>	<b>539</b>	<b>373</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

31

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

60

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	78.97
UNP2	26.68
UNP3	54.38
UNP4	72.22
UNP5	61.64

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	48.74
UNP7	49.79
UNP8	43.35
UNP9	43.19
UNP10	49.49

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	38.13
UNP12	42.00
UNP13	60.80
UNP14	46.95
UNP15	78.13

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	79.38
UNP17	11.93
UNP18	49.80
UNP19	48.87
UNP20	27.34

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	25	41	24	3	34	45	21	29	77	22	28	17	0
R3	20	8	19	21	22	31	33	3	0	25	28	4	1	15	10
R5	13	21	27	0	3	2	19	5	9	14	17	9	23	18	3
R10	0	26	16	14	23	13	4	12	36	1	13	42	14	15	3
R20	8	12	29	27	7	0	1	27	6	9	13	9	4	21	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>716</b>		<b>1147</b>			<b>1431</b>				<b>2182</b>					

AII.23 - Cenário 07c (divisão dos contratos em 60 lotes e aumento de demanda 100%).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	68
R3	69
R5	41
R10	54
R20	48
TOTAL	281

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	46	256	-3.66	8
UNP2	3	57	25	-1.55	1
UNP3	2	52	182	-2.87	7
UNP4	2	43	253	-4.34	11
UNP5	12	20	288	-4.43	12
UNP6	6	25	286	-5.75	14
UNP7	9	15	282	-3.91	15
UNP8	12	19	281	-3.70	9
UNP9	7	63	383	-1.34	6
UNP10	6	50	390	-3.98	13
UNP11	7	55	295	-6.53	13
UNP12	9	51	353	-3.29	17
UNP13	48	0	861	-19.77	23
UNP14	54	0	305	-3.99	13
UNP15	55	0	612	-3.17	13
UNP16	51	0	614	-3.92	13
UNP17	2	13	32	-1.93	4
UNP18	2	15	102	-1.65	2
UNP19	3	11	93	-1.81	3
UNP20	2	12	54	-1.09	6
<b>Total</b>	<b>296</b>	<b>537</b>	<b>373</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

31

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

60

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	109.22
UNP2	32.61
UNP3	78.46
UNP4	93.18
UNP5	80.73

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	87.58
UNP7	69.39
UNP8	60.71
UNP9	60.07
UNP10	67.29

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	51.01
UNP12	57.00
UNP13	82.80
UNP14	64.17
UNP15	105.34

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	109.11
UNP17	16.96
UNP18	67.28
UNP19	66.94
UNP20	36.80

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	23	41	24	3	34	45	21	23	77	22	28	17	0
R3	20	8	19	21	22	31	35	3	0	23	28	4	1	15	10
R5	13	21	27	0	3	2	10	5	0	14	17	0	23	18	3
R10	0	26	16	14	23	13	4	12	38	1	13	42	14	15	3
R20	8	12	29	27	7	0	1	27	0	0	13	0	4	21	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>716</b>		<b>1147</b>			<b>1431</b>				<b>2182</b>					

## AII.24 - Cenário 07d (divisão dos contratos em 60 lotes e aumento de demanda 150%).

## Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	89
R3	68
R5	41
R10	55
R20	49
TOTAL	280

	Chamadas UNP Restritas	Chamadas UNP Impedidas	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	61	245	-2.83	7
UNP2	2	71	23	-1.52	2
UNP3	2	64	194	-3.28	8
UNP4	2	61	252	-4.18	10
UNP5	12	19	290	-4.58	12
UNP6	7	19	289	-6.44	13
UNP7	9	18	296	-6.90	15
UNP8	12	21	280	-3.88	9
UNP9	7	47	390	-1.83	5
UNP10	8	51	382	-9.90	19
UNP11	8	51	314	-6.54	14
UNP12	8	33	341	-9.51	18
UNP13	78	0	692	-20.57	20
UNP14	74	0	319	-4.48	11
UNP15	92	0	588	-7.82	16
UNP16	81	0	585	-8.86	17
UNP17	2	12	32	-1.93	6
UNP18	2	9	101	-1.76	4
UNP19	4	8	89	-1.57	3
UNP20	0	8	58	-1.47	1
Total	408	571	347		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

63

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

63

## Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	109.44
UNP2	37.87
UNP3	105.04
UNP4	108.10
UNP5	88.67

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	93.91
UNP7	79.30
UNP8	88.57
UNP9	90.10
UNP10	88.78

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	71.18
UNP12	84.52
UNP13	107.86
UNP14	108.60
UNP15	109.61

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	109.80
UNP17	21.99
UNP18	83.34
UNP19	48.71
UNP20	85.01

## Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcaças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	24	30	42	23	4	38	47	21	30	77	21	29	15	0
R3	22	8	21	22	20	30	38	6	0	29	30	5	3	17	13
R5	11	18	18	0	3	1	14	3	7	11	17	9	25	15	4
R10	0	35	14	15	27	14	3	15	38	1	14	45	16	13	4
R20	7	11	27	27	8	0	0	22	6	8	8	9	3	18	15
Total de lotes produzidos	714		1138			1430				2184					

## AII.25 - Cenário 07e (divisão dos contratos em 60 lotes e aumento de demanda 200%).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	58
R3	65
R5	40
R10	48
R20	46
TOTAL	286

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	7	44	206	- 1.80	8
UNP2	0	55	59	- 1.30	5
UNP3	2	47	168	- 1.86	7
UNP4	2	46	248	- 4.19	11
UNP5	10	16	251	- 3.37	13
UNP6	6	20	261	- 3.26	9
UNP7	6	17	286	- 3.68	15
UNP8	7	19	268	- 3.91	13
UNP9	8	39	401	- 1.91	8
UNP10	8	37	411	- 13.84	13
UNP11	5	49	267	- 5.91	13
UNP12	9	44	322	- 3.65	13
UNP13	150	0	628	- 17.15	23
UNP14	155	0	339	- 5.03	12
UNP15	172	0	515	- 7.84	17
UNP16	163	0	559	- 3.40	14
UNP17	1	11	13	- .26	1
UNP18	2	11	87	- .62	2
UNP19	5	5	98	- .74	3
UNP20	1	9	68	- .86	4
<b>Total</b>	<b>719</b>	<b>468</b>	<b>298</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

138

Número de empates ocorridos nas chamadas

0

Número de lotes das chamadas

60

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	107.96
UNP2	60.43
UNP3	90.61
UNP4	108.73
UNP5	77.48

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	91.99
UNP7	89.96
UNP8	79.73
UNP9	81.62
UNP10	86.27

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	65.97
UNP12	69.14
UNP13	109.66
UNP14	109.36
UNP15	108.62

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	109.67
UNP17	20.41
UNP18	72.51
UNP19	62.01
UNP20	67.74

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcaças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	33	13	30	0	37	43	17	23	71	21	28	18	6
R3	15	7	27	14	19	32	37	6	0	21	15	7	4	19	15
R5	7	13	9	0	2	2	16	14	4	4	13	13	14	19	9
R10	11	27	1	15	30	12	11	4	36	6	7	33	0	16	13
R20	0	7	34	29	13	13	11	28	10	2	5	8	8	15	7
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>671</b>		<b>1066</b>			<b>1391</b>				<b>2040</b>					

## AII.26 - Cenário 08 (divisão dos contratos em 10 lotes e aumento de demanda 100%).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	22
R3	22
R5	18
R10	16
R20	18
<b>TOTAL</b>	<b>96</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	0	142	82	- 3.08	13
UNP2	0	145	48	- .62	4
UNP3	0	144	55	- 1.14	8
UNP4	0	145	57	- 1.42	9
UNP5	1	35	75	- .64	5
UNP6	3	31	106	- 1.69	10
UNP7	5	34	77	- 2.32	13
UNP8	1	36	84	- .91	6
UNP9	6	28	113	- 3.22	13
UNP10	5	34	137	- 1.70	11
UNP11	6	35	103	- 3.19	15
UNP12	1	36	99	- 4.66	19
UNP13	150	0	197	- 5.86	23
UNP14	157	0	163	- 3.90	17
UNP15	169	0	136	- 1.00	12
UNP16	164	0	153	- 2.55	14
UNP17	1	20	20	- .36	2
UNP18	2	18	34	- 1.07	7
UNP19	1	18	14	- .25	1
UNP20	1	18	28	- .57	3
<b>Total</b>	<b>653</b>	<b>920</b>	<b>216</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

3

Chamadas recusadas

255

Número de empates ocorridos nas chamadas

0

Número de lotes das chamadas

10

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	85.17
UNP2	73.68
UNP3	91.02
UNP4	99.79
UNP5	108.88

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	58.03
UNP7	74.44
UNP8	87.99
UNP9	38.38
UNP10	48.41

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	56.20
UNP12	84.25
UNP13	77.86
UNP14	108.27
UNP15	102.66

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	105.48
UNP17	0.00
UNP18	99.21
UNP19	89.93
UNP20	35.34

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	4	3	6	4	6	6	5	2	7	1	6	5	7	0	1
R3	6	5	5	2	3	3	3	3	3	2	3	2	1	1	0
R5	4	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	2	1	0
R10	3	1	3	3	3	3	2	3	3	3	1	3	3	0	0
R20	1	0	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	3	3	1
<b>Total de lotes produzidos</b>	222		342			452				639					

AII.27 - Cenário 08a (divisão dos contratos em 20 lotes e aumento de demanda 100%).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	40
R3	38
R5	32
R10	41
R20	28
<b>TOTAL</b>	<b>179</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	1	70	117	-1.81	8
UNP2	2	69	106	-1.21	6
UNP3	0	68	114	-1.00	4
UNP4	1	70	124	-2.14	13
UNP5	7	15	181	-1.51	7
UNP6	6	16	152	-2.38	11
UNP7	10	15	152	-2.38	12
UNP8	7	18	177	-1.93	9
UNP9	8	34	223	-2.92	14
UNP10	7	41	272	-5.38	13
UNP11	8	37	250	-6.77	23
UNP12	7	43	157	-2.71	13
UNP13	190	0	304	-5.02	13
UNP14	183	0	286	-4.46	17
UNP15	198	0	301	-3.64	13
UNP16	190	0	337	-3.38	15
UNP17	3	11	31	-.34	3
UNP18	3	13	55	-1.08	5
UNP19	0	13	79	.41	1
UNP20	0	13	14	-.18	2
<b>Total</b>	<b>841</b>	<b>548</b>	<b>258</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

1

Chamadas recusadas

197

Número de empates ocorridos nas chamadas

5

Número de lotes das chamadas

20

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	82.11
UNP2	99.25
UNP3	87.22
UNP4	102.79
UNP5	66.92

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	69.06
UNP7	88.12
UNP8	34.59
UNP9	78.41
UNP10	57.78

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	81.57
UNP12	84.46
UNP13	109.88
UNP14	106.17
UNP15	107.95

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	104.54
UNP17	90.10
UNP18	62.35
UNP19	94.83
UNP20	54.67

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcaças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	3	13	5	5	3	3	3	5	0	0	4	1	1	0	1
R3	9	6	9	6	12	7	13	6	1	5	4	5	0	8	0
R5	11	17	12	0	9	8	7	14	9	7	8	4	7	10	12
R10	17	12	16	13	13	17	13	19	13	9	9	0	8	9	11
R20	8	11	7	15	7	11	12	16	15	13	7	0	6	1	3
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>461</b>		<b>672</b>			<b>908</b>				<b>1228</b>					

## AII.28 - Cenário 08b (divisão dos contratos em 40 lotes e aumento de demanda 100%).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	60
R3	64
R5	52
R10	43
R20	44
<b>TOTAL</b>	<b>263</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	40	198	-2.12	9
UNP2	5	48	86	-1.10	5
UNP3	0	43	167	-1.78	7
UNP4	2	41	220	-4.19	11
UNP5	10	18	273	-2.53	13
UNP6	8	22	225	-2.11	8
UNP7	8	16	268	-5.71	14
UNP8	7	17	335	-3.18	17
UNP9	8	43	363	-1.36	3
UNP10	7	46	351	-3.53	13
UNP11	7	48	246	-4.41	12
UNP12	7	43	420	-12.15	19
UNP13	151	0	602	-13.43	23
UNP14	151	0	358	-4.65	13
UNP15	171	0	524	-7.34	15
UNP16	156	0	567	-3.01	13
UNP17	2	10	6	-0.05	1
UNP18	2	8	110	-1.31	6
UNP19	4	8	83	-0.26	2
UNP20	0	9	64	-0.42	4
<b>Total</b>	<b>710</b>	<b>458</b>	<b>300</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

134

Número de empates ocorridos nas chamadas

0

Número de lotes das chamadas

40

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	91.27
UNP2	71.08
UNP3	97.12
UNP4	102.85
UNP5	91.85

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	86.50
UNP7	70.41
UNP8	87.23
UNP9	77.01
UNP10	53.94

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	43.60
UNP12	87.17
UNP13	109.76
UNP14	107.65
UNP15	109.13

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	107.77
UNP17	7.79
UNP18	96.80
UNP19	53.73
UNP20	66.43

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	26	23	31	23	27	0	39	35	17	33	57	38	43	19	3
R3	14	5	17	12	17	29	31	7	0	13	6	2	13	10	10
R5	7	27	24	9	21	0	39	13	13	15	29	15	23	19	9
R10	0	31	5	13	41	13	6	25	28	14	6	25	3	21	2
R20	9	3	24	31	4	0	3	22	8	4	7	9	14	5	12
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>671</b>		<b>1088</b>			<b>1380</b>				<b>2049</b>					

## AII.29 - Cenário 08c (ver AII.23 - Cenário 07c).

## AII.30 - Cenário 08d (divisão dos contratos em 80 lotes e aumento de demanda 100%).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	69
R3	69
R5	41
R10	54
R20	48
<b>TOTAL</b>	<b>281</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	46	256	-3.65	9
UNP2	2	68	25	- .55	1
UNP3	2	63	182	-2.87	7
UNP4	2	43	253	-4.34	11
UNP5	12	19	268	-4.43	12
UNP6	7	26	286	-5.75	14
UNP7	10	15	292	-3.91	15
UNP8	12	19	281	-3.70	9
UNP9	7	63	393	-1.34	8
UNP10	6	50	391	-13.02	13
UNP11	7	65	296	-6.56	13
UNP12	9	61	353	-3.29	17
UNP13	48	0	691	-22.19	23
UNP14	64	0	305	-3.99	13
UNP15	55	0	612	-3.17	13
UNP16	51	0	615	-3.82	13
UNP17	2	13	32	- .03	4
UNP18	2	15	102	- .65	2
UNP19	3	11	93	- .81	3
UNP20	2	12	64	-1.09	5
<b>Total</b>	<b>297</b>	<b>639</b>	<b>373</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

31

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

80

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	91.91
UNP2	26.61
UNP3	55.28
UNP4	73.43
UNP5	62.43

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	50.69
UNP7	51.11
UNP8	43.68
UNP9	46.06
UNP10	50.47

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	38.28
UNP12	42.76
UNP13	62.10
UNP14	48.13
UNP15	78.01

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	81.84
UNP17	12.72
UNP18	50.46
UNP19	60.20
UNP20	27.60

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	23	41	24	3	34	45	21	23	97	22	28	17	0
R3	20	9	19	21	22	31	33	3	0	25	28	5	1	16	10
R5	13	21	27	0	3	2	19	6	9	14	17	9	23	18	3
R10	0	26	16	14	23	14	4	12	36	1	13	62	14	16	3
R20	8	12	23	27	7	0	1	27	6	9	13	9	4	21	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>716</b>		<b>1147</b>			<b>1432</b>				<b>2223</b>					

AII.31 - Cenário 09 (contratos de 10 lotes, demanda em +100%, desvio de demanda em +20%).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	25
R3	23
R5	21
R10	18
R20	16
<b>TOTAL</b>	<b>103</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	0	195	55	-2.12	14
UNP2	3	196	50	-1.25	13
UNP3	1	195	73	-1.52	12
UNP4	0	199	51	-1.59	13
UNP5	4	38	72	-.97	7
UNP6	5	30	89	-1.04	8
UNP7	2	28	94	-2.82	17
UNP8	3	35	94	-1.28	11
UNP9	3	33	113	-2.77	15
UNP10	9	24	110	-.93	5
UNP11	7	29	128	-2.52	15
UNP12	2	29	108	-3.98	13
UNP13	101	0	200	-5.81	23
UNP14	112	0	154	-.93	6
UNP15	112	0	171	-4.16	9
UNP16	107	0	148	-3.77	13
UNP17	2	13	28	-.80	4
UNP18	0	14	38	-.52	3
UNP19	1	14	11	.05	1
UNP20	1	14	28	-.11	2
<b>Total</b>	<b>475</b>	<b>1388</b>	<b>223</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

248

Número de empates ocorridos nas chamadas

4

Número de lotes das chamadas

10

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	42.13
UNP2	72.66
UNP3	108.17
UNP4	67.13
UNP5	95.89

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	71.29
UNP7	98.32
UNP8	97.88
UNP9	65.22
UNP10	67.29

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	88.20
UNP12	88.19
UNP13	101.02
UNP14	109.43
UNP15	95.78

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	106.79
UNP17	101.34
UNP18	42.08
UNP19	47.07
UNP20	67.84

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	2	1	3	0	5	2	4	2	3	2	4	1	6	1	3
R3	2	8	1	2	1	1	0	1	3	0	1	1	1	1	0
R5	5	3	5	4	3	3	3	2	2	6	2	2	3	0	1
R10	2	2	5	2	0	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1
R20	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	0	3
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>235</b>		<b>349</b>			<b>455</b>				<b>673</b>					

AII.32 - Cenário 09a (contratos de 10 lotes, demanda em +100%, desvio de demanda em +50%).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	26
R3	22
R5	18
R10	20
R20	17
<b>TOTAL</b>	<b>103</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	1	184	39	- . 15	1
UNP2	2	183	66	- 1. 66	11
UNP3	0	184	60	- 1. 04	8
UNP4	2	183	68	- 2. 36	15
UNP5	6	14	122	- 4. 03	23
UNP6	4	18	63	- . 65	6
UNP7	3	19	65	- 2. 38	13
UNP8	3	23	82	- 1. 18	9
UNP9	6	35	120	- . 91	7
UNP10	6	30	148	- 1. 33	13
UNP11	6	34	92	- 1. 97	12
UNP12	6	30	103	- 2. 07	13
UNP13	130	0	141	- 2. 33	14
UNP14	125	0	188	- 3. 11	13
UNP15	125	0	176	- 2. 71	17
UNP16	129	0	162	- 3. 31	13
UNP17	2	14	21	- . 20	2
UNP18	2	12	30	- . 80	6
UNP19	0	14	34	- . 34	4
UNP20	2	13	18	- . 25	3
<b>Total</b>	<b>559</b>	<b>980</b>	<b>221</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

250

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

10

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	98.20
UNP2	72.06
UNP3	55.08
UNP4	65.21
UNP6	88.01

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	85.28
UNP7	78.21
UNP8	55.45
UNP9	72.27
UNP10	48.56

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	86.61
UNP12	82.90
UNP13	100.89
UNP14	95.55
UNP15	108.22

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	99.01
UNP17	33.97
UNP18	0.00
UNP19	86.59
UNP20	108.52

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcaças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	4	2	4	2	3	1	4	2	1	2	4	1	0	3	2
R3	2	2	1	2	3	3	2	4	1	2	1	3	1	0	2
R5	4	2	9	2	3	1	5	2	2	1	1	2	1	0	1
R10	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	0	1
R20	3	4	4	4	1	4	4	4	4	4	4	2	4	0	2
<b>Total de lotes produzidos</b>	233		352			463				667					

## AII.34 - Cenário 09c (contratos de 20 lotes, demanda em +100%, desvio de demanda em +50%).

**Quadro Geral de Desempenho do SOMA**

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	39
R3	39
R5	37
R10	43
R20	27
<b>TOTAL</b>	<b>185</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	3	68	125	-2.26	8
UNP2	1	74	85	- .88	3
UNP3	1	70	135	-2.59	11
UNP4	0	72	120	-2.31	13
UNP5	8	17	169	-1.54	6
UNP6	6	17	159	-2.27	9
UNP7	10	14	169	-3.84	14
UNP8	7	17	216	-3.63	13
UNP9	7	35	215	-2.21	7
UNP10	8	42	231	-4.63	15
UNP11	7	48	244	-6.23	13
UNP12	4	46	178	-3.85	15
UNP13	194	0	328	-7.37	13
UNP14	193	0	304	-7.76	23
UNP15	198	0	318	-2.99	12
UNP16	192	0	342	-5.56	17
UNP17	1	10	43	- .98	4
UNP18	1	10	50	-1.38	5
UNP19	0	12	75	.41	1
UNP20	0	11	17	- .15	2
<b>Total</b>	<b>841</b>	<b>563</b>	<b>264</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

203

Número de empates ocorridos nas chamadas

3

Número de lotes das chamadas

20

**Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs**

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	100.84
UNP2	82.64
UNP3	89.91
UNP4	95.24
UNP5	19.82

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	83.35
UNP7	72.16
UNP8	94.08
UNP9	62.40
UNP10	71.12

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	82.15
UNP12	100.97
UNP13	103.31
UNP14	108.85
UNP15	105.99

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	108.91
UNP17	93.78
UNP18	77.47
UNP19	60.18
UNP20	35.83

**Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos**

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	9	8	5	13	7	8	6	2	0	2	8	6	2	10	0
R3	7	7	6	7	8	0	8	3	3	0	8	6	7	5	10
R5	8	11	17	10	13	0	8	6	10	6	8	9	11	5	0
R10	12	15	13	8	5	4	12	0	11	8	10	7	12	12	6
R20	9	9	15	15	13	5	14	17	11	7	4	0	7	3	5
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>465</b>		<b>713</b>			<b>868</b>				<b>1292</b>					

AII.35 - Cenário 09d (contratos de 40 lotes, demanda em +100%, desvio de demanda em +20%).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	62
R3	64
R5	50
R10	44
R20	44
<b>TOTAL</b>	<b>264</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	37	209	- 2.17	9
UNP2	6	46	88	- 1.17	5
UNP3	1	40	168	- 1.75	7
UNP4	2	37	224	- 4.23	13
UNP5	11	16	201	- 3.09	13
UNP6	8	23	235	- 2.01	8
UNP7	8	18	250	- 5.47	14
UNP8	7	19	296	- 7.66	13
UNP9	8	42	371	- 1.11	4
UNP10	7	48	359	- 3.41	13
UNP11	7	50	250	- 4.41	12
UNP12	7	46	393	- 13.76	19
UNP13	163	0	698	- 17.13	23
UNP14	148	0	391	- 5.27	13
UNP15	172	0	623	- 7.37	15
UNP16	152	0	574	- 3.06	17
UNP17	2	11	11	- .06	1
UNP18	1	12	113	- 1.39	6
UNP19	3	9	83	- .26	2
UNP20	0	11	67	- .00	3
<b>Total</b>	<b>706</b>	<b>462</b>	<b>301</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

133

Número de empates ocorridos nas chamadas

0

Número de lotes das chamadas

40

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	102.92
UNP2	71.12
UNP3	82.71
UNP4	109.66
UNP5	104.35

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	70.76
UNP7	64.89
UNP8	67.27
UNP9	77.91
UNP10	66.38

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	45.59
UNP12	80.03
UNP13	109.64
UNP14	109.73
UNP15	108.72

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	109.58
UNP17	13.76
UNP18	96.22
UNP19	52.62
UNP20	54.54

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	26	23	31	23	27	0	39	35	17	33	57	38	43	19	3
R3	13	5	17	12	17	29	31	7	0	13	10	0	2	13	10
R5	9	31	19	5	21	0	38	7	9	15	29	17	25	19	8
R10	0	31	5	15	32	15	6	18	32	16	6	29	2	20	1
R20	9	3	24	31	4	0	3	22	8	4	7	9	14	6	12
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>678</b>		<b>1072</b>			<b>1373</b>				<b>2056</b>					

AII.36 - Cenário 09e (contratos de 40 lotes, demanda em +100%, desvio de demanda em +50%).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	61
R3	67
R5	46
R10	40
R20	44
<b>TOTAL</b>	<b>267</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	5	42	195	-2.04	3
UNP2	4	40	88	-1.70	3
UNP3	2	44	171	-1.98	8
UNP4	2	39	214	-4.11	11
UNP5	8	20	263	-2.32	13
UNP6	5	19	235	-1.65	6
UNP7	9	17	279	-5.26	13
UNP8	12	13	309	-7.46	13
UNP9	8	43	373	-1.86	7
UNP10	6	52	347	-11.01	13
UNP11	7	53	251	-4.45	12
UNP12	8	45	413	-13.84	13
UNP13	131	0	590	-14.55	23
UNP14	134	0	353	-7.01	14
UNP15	156	0	535	-7.34	15
UNP16	142	0	598	-3.78	17
UNP17	2	10	0	0.00	1
UNP18	1	9	107	-1.78	6
UNP19	4	5	93	-1.30	2
UNP20	0	9	67	-1.65	3
<b>Total</b>	<b>644</b>	<b>469</b>	<b>316</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

4

Chamadas recusadas

113

Número de empates ocorridos nas chamadas

0

Número de lotes das chamadas

40

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	79.33
UNP2	91.32
UNP3	106.14
UNP4	95.44
UNP6	78.87

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	77.64
UNP7	87.23
UNP8	80.61
UNP9	82.25
UNP10	55.41

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	44.05
UNP12	87.96
UNP13	107.42
UNP14	109.98
UNP15	109.50

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	108.73
UNP17	0.00
UNP18	107.93
UNP19	48.27
UNP20	64.03

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcasas		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	16	23	23	13	24	0	23	31	24	21	62	21	27	12	5
R3	16	17	18	12	16	33	35	8	0	35	13	7	5	15	10
R5	9	24	17	1	22	0	37	7	8	14	33	23	27	40	26
R10	0	24	10	13	32	8	13	15	28	10	7	13	5	20	8
R20	3	5	27	22	8	5	0	20	15	2	3	10	4	5	2
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>668</b>		<b>1076</b>			<b>1384</b>				<b>2075</b>					

AII.37 - Cenário 09f (contratos de 60 lotes, demanda em +100%, desvio de demanda em +20%).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	68
R3	69
R5	41
R10	54
R20	48
TOTAL	281

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	48	255	- 3.65	8
UNP2	3	57	26	- .56	1
UNP3	2	62	182	- 2.87	7
UNP4	2	43	253	- 4.34	11
UNP5	12	20	288	- 4.43	12
UNP6	6	25	286	- 5.75	14
UNP7	9	15	292	- 3.01	15
UNP8	12	19	291	- 3.70	9
UNP9	7	53	393	- 1.34	6
UNP10	6	50	390	- 3.99	13
UNP11	7	55	295	- 6.53	13
UNP12	9	51	353	- 3.29	17
UNP13	48	0	651	- 12.77	23
UNP14	54	0	305	- 3.99	13
UNP15	55	0	612	- 3.17	15
UNP16	51	0	614	- 3.02	13
UNP17	2	13	32	- .93	4
UNP18	2	15	102	- .65	2
UNP19	3	11	93	- .81	3
UNP20	2	12	54	- 1.00	5
<b>Total</b>	<b>296</b>	<b>537</b>	<b>373</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

31

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

60

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	106.87
UNP2	32.54
UNP3	77.85
UNP4	92.30
UNP5	80.15

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	66.04
UNP7	66.33
UNP8	60.42
UNP9	58.60
UNP10	66.62

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	50.92
UNP12	56.41
UNP13	81.78
UNP14	63.18
UNP15	104.66

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	107.17
UNP17	16.34
UNP18	66.75
UNP19	65.89
UNP20	36.60

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	23	41	24	3	34	45	21	23	77	22	28	17	0
R3	20	8	19	21	22	31	33	3	0	23	28	4	1	15	10
R5	13	21	27	0	3	2	18	5	9	14	17	9	23	18	3
R10	0	26	16	14	23	13	4	12	36	1	13	42	14	15	3
R20	8	12	23	27	7	0	1	27	6	9	13	9	4	21	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>716</b>		<b>1147</b>			<b>1431</b>				<b>2182</b>					

AII.38 - Cenário 09g (contratos de 60 lotes, demanda em +100%, desvio de demanda em +50%).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	69
R3	69
R5	41
R10	64
R20	48
<b>TOTAL</b>	<b>281</b>

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	46	268	- 3.65	8
UNP2	2	68	25	- .55	1
UNP3	2	53	182	- 2.67	7
UNP4	2	43	253	- 4.34	11
UNP5	12	19	288	- 4.43	12
UNP6	7	26	268	- 5.75	14
UNP7	10	15	292	- 3.91	15
UNP8	12	19	281	- 3.70	9
UNP9	7	63	393	- 1.34	6
UNP10	6	60	390	- 3.98	13
UNP11	7	55	295	- 6.53	13
UNP12	9	51	353	- 3.29	17
UNP13	48	0	651	- 13.77	23
UNP14	54	0	305	- 3.88	13
UNP15	66	0	612	- 3.17	15
UNP16	51	0	614	- 3.92	13
UNP17	2	13	32	- .03	4
UNP18	2	15	102	- .65	2
UNP19	3	11	93	- .81	3
UNP20	2	12	54	- 1.09	5
<b>Total</b>	<b>297</b>	<b>539</b>	<b>373</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

31

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

60

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	98.53
UNP2	36.14
UNP3	70.95
UNP4	94.25
UNP5	79.77

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	61.58
UNP7	64.30
UNP8	57.42
UNP9	64.64
UNP10	64.36

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	60.61
UNP12	53.91
UNP13	78.24
UNP14	69.67
UNP15	102.76

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	101.23
UNP17	16.02
UNP18	65.25
UNP19	61.21
UNP20	36.79

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcasas		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	23	41	24	3	34	45	21	23	77	22	28	17	0
R3	20	8	19	21	22	31	35	3	0	23	28	4	1	15	10
R5	15	21	27	0	3	2	18	5	9	14	17	9	23	18	3
R10	0	26	16	14	23	13	4	12	36	1	13	42	14	16	3
R20	8	12	23	27	7	0	1	27	6	9	13	9	4	21	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>716</b>		<b>1147</b>			<b>1431</b>				<b>2182</b>					

AII.39 - Cenário 09h (contratos de 80 lotes, demanda em +100%, desvio de demanda em +20%).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	69
R3	69
R5	41
R10	54
R20	48
TOTAL	281

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	46	256	- 3.65	8
UNP2	2	68	25	- .55	1
UNP3	2	53	182	- 2.87	7
UNP4	2	43	253	- 4.34	11
UNP5	12	19	289	- 4.44	12
UNP6	7	26	286	- 3.75	14
UNP7	10	15	292	- 3.91	15
UNP8	12	19	282	- 3.75	9
UNP9	7	53	393	- 1.34	6
UNP10	6	50	391	- 13.02	13
UNP11	7	55	297	- 6.59	13
UNP12	9	51	354	- 3.40	17
UNP13	48	0	691	- 22.19	23
UNP14	54	0	305	- 3.99	13
UNP15	55	0	614	- 3.20	13
UNP16	51	0	615	- 3.92	13
UNP17	2	13	32	- .99	4
UNP18	2	15	102	- .65	2
UNP19	3	11	93	- .81	3
UNP20	2	12	54	- 1.09	5
<b>Total</b>	297	639	373		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

31

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

80

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	80.16
UNP2	26.60
UNP3	54.74
UNP4	72.72
UNP5	61.97

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	46.53
UNP7	50.33
UNP8	43.40
UNP9	43.95
UNP10	40.89

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	38.19
UNP12	42.31
UNP13	61.34
UNP14	47.37
UNP15	78.40

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	80.38
UNP17	12.25
UNP18	50.06
UNP19	49.42
UNP20	27.45

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcaças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	23	41	24	3	34	43	21	23	97	22	28	17	0
R3	20	8	20	21	23	31	33	3	0	27	28	5	1	15	11
R5	13	21	27	0	3	3	19	5	9	14	17	9	23	18	3
R10	0	26	18	14	23	14	4	12	37	1	13	62	14	15	3
R20	8	12	23	27	7	0	1	27	6	9	13	9	4	21	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	716		1149			1435				2225					

AII.40 - Cenário 09i (contratos de 80 lotes, demanda em +100%, desvio de demanda em +50%).

### Quadro Geral de Desempenho do SOMA

Lotes de Redutores Fabricados	
R1	60
R3	69
R5	41
R10	54
R20	48
TOTAL	281

	Chamadas UNP Restrita	Chamadas UNP Impedida	Lotes produzidos	Prêmio acumulado	Posição relativa
UNP1	4	46	256	-3.65	8
UNP2	2	58	25	-0.55	1
UNP3	2	53	182	-2.87	7
UNP4	2	43	253	-4.34	11
UNP5	12	19	288	-4.43	12
UNP6	7	26	286	-3.75	14
UNP7	10	15	292	-3.91	15
UNP8	12	18	281	-3.70	9
UNP9	7	53	383	-1.34	6
UNP10	6	50	390	-3.98	13
UNP11	7	55	295	-6.53	13
UNP12	9	51	353	-3.20	17
UNP13	48	0	691	-22.19	23
UNP14	64	0	304	-3.97	13
UNP15	55	0	612	-3.17	13
UNP16	51	0	614	-3.92	13
UNP17	2	13	32	-0.93	4
UNP18	2	15	102	-0.65	2
UNP19	3	11	93	-0.81	3
UNP20	2	12	54	-1.00	5
<b>Total</b>	<b>297</b>	<b>539</b>	<b>373</b>		

Tipo de peça objeto da chamada corrente

2

Chamadas recusadas

31

Número de empates ocorridos nas chamadas

2

Número de lotes das chamadas

80

### Quadro das Taxas de Ocupação das UNPs

UNP	Taxa de Ocupação
UNP1	73.90
UNP2	26.36
UNP3	53.21
UNP4	70.69
UNP5	59.83

UNP	Taxa de Ocupação
UNP6	46.18
UNP7	49.22
UNP8	43.08
UNP9	40.91
UNP10	48.27

UNP	Taxa de Ocupação
UNP11	37.96
UNP12	40.43
UNP13	58.68
UNP14	44.75
UNP15	77.07

UNP	Taxa de Ocupação
UNP16	75.92
UNP17	11.27
UNP18	48.94
UNP19	45.91
UNP20	25.84

### Quadro dos Lotes de Peças em Estoque e Produzidos

Modelo Redutor	Carcças		Eixos			Engrenagens				Tampas cegas				Tampas vazadas	
	Superior	Inferior	Entrada	Intermed.	Saída	Entrada	Intermed. 1	Intermed. 2	Saída	1	2	3	4	1	2
R1	20	23	23	41	24	3	34	45	21	23	97	22	28	17	0
R3	20	8	19	21	22	31	35	3	0	23	28	4	1	15	9
R5	13	21	27	0	3	2	19	5	9	14	17	0	23	18	3
R10	0	26	16	14	23	13	4	12	38	1	13	62	14	15	3
R20	8	12	29	27	7	0	1	27	6	9	13	9	4	20	11
<b>Total de lotes produzidos</b>	<b>716</b>		<b>1147</b>			<b>1431</b>				<b>2220</b>					

## **Anexo III**

### **Planilha Utilizada para validação matemática do**

### **Modelo Dinâmico do SOMA**

- a) Planilha no formato de formulação matemática  
(ilustração do primeiro grupo, referente às carcaças)
  
- b) Planilha no formato numérico, com exemplo (completa)



Valor das Propostas para Qp							
UNP 1	UNP 2	UNP 3	UNP 4	UNP 1	UNP 2	UNP 3	UNP 4
Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap
27	=D4*K4	27	=D4*M4	3	=D4*O4		
9	=D5*K5	9	=D5*M5	27	=D5*O5		
27	=D6*K6	27	=D6*M6	9	=D6*O6		
27	=D7*K7	27	=D7*M7	27	=D7*O7		
27	=D8*K8	27	=D8*M8	27	=D8*O8		
27	=D9*K9	27	=D9*M9	27	=D9*O9		
27	=D10*K10	27	=D10*M10	27	=D10*O10		
9	=D11*K11	9	=D11*M11	9	=D11*O11		
27	=D12*K12	27	=D12*M12	27	=D12*O12		
	=SOMA(J4:J12)		=SOMA(N4:N12)		=SOMA(P4:P12)		
	=F8*100*J13/D14		=F8*100*N13/D14		=F8*100*P13/D14		
	= J14+Q14+U14		= N14+S14+W14		= P14+T14+X14		
QP							
UNP 2	UNP 2	UNP 3	UNP 4	UNP 2	UNP 3	UNP 4	UNP 4
Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap
27	=D22*K22	27	=D22*M22	3	=D22*O22		
9	=D23*K23	9	=D23*M23	27	=D23*O23		
27	=D24*K24	27	=D24*M24	9	=D24*O24		
27	=D25*K25	27	=D25*M25	27	=D25*O25		
27	=D26*K26	27	=D26*M26	27	=D26*O26		
27	=D27*K27	27	=D27*M27	27	=D27*O27		
27	=D28*K28	27	=D28*M28	27	=D28*O28		
9	=D29*K29	9	=D29*M29	9	=D29*O29		
27	=D30*K30	27	=D30*M30	27	=D30*O30		
	=SOMA(J22:J30)		=SOMA(N22:N30)		=SOMA(P22:P30)		
	=F26*100*J31/D32		=F26*100*N31/D32		=F26*100*P31/D32		











Item	Parâmetros de Q		Nível de Q, G		Valores Objetivo		
	Elemento	Tipo	Abs.	Rel.	Q <sub>d</sub>	C <sub>d</sub>	T <sub>d</sub>
					4995	12	5
Tampas	Superfície assentam.	planeza	60	32,4324			
mancais		acabam. superf. Ra	30	16,2162			
	Furos	tolerância rosca	30	16,2162	K <sub>Q</sub>	K <sub>C</sub>	K <sub>T</sub>
		tolerância posição	45	24,3243	1	1	1
	altura superf./fundo	tolerância	20	10,8108	1	1	1
		<b>Total:</b>	<b>185</b>	<b>100</b>			
		<i>P<sub>dQ</sub> (=27.G):</i>	<b>4995</b>				
Item	Parâmetros de Q		Nível de Q, G		Valores Objetivo		
	Elemento	Tipo	Abs.	Rel.	Q <sub>d</sub>	C <sub>d</sub>	T <sub>d</sub>
					9585	22	5
Tampas	Superfície assentam.	planeza	60	17,9104			
vazadas (2)		acabam. superf. Ra	30	8,95522			
	Sede retentor	tolerância diâmetro	45	13,4328	K <sub>Q</sub>	K <sub>C</sub>	K <sub>T</sub>
		tol. profundidade A	60	17,9104	1	1	1
		tol. paralelismo	45	13,4328	1	1	1
	Furos	tolerância rosca	30	8,95522			
		tolerância posição	45	13,4328			
	altura superf./fundo	tolerância	20	5,97015			
	diâmetro furo do eixo	tolerância	20	5,97015			
		<b>Total:</b>	<b>335</b>	<b>100</b>			
		<i>P<sub>dQ</sub> (=27.G):</i>	<b>9585</b>				
Item	Parâmetros de Q		Nível de Q, G		Valores Objetivo		
	Elemento	Tipo	Abs.	Rel.	Q <sub>d</sub>	C <sub>d</sub>	T <sub>d</sub>
					10665	42	5
Montagem	Teste	torque resistivo	75	20,8333			
		vibração a 300 rpm	85	23,6111			
		ruido a 300 rpm	60	16,6667	K <sub>Q</sub>	K <sub>C</sub>	K <sub>T</sub>
		vazamento	50	13,8889	1	1	1
	pintura	espessura	35	9,72222	1	1	1
		riscos/falhas	30	8,33333			
	embalagem	acabamento	25	6,94444			
		etiquetas	35	9,72222			
		<b>Total:</b>	<b>360</b>	<b>100</b>			
		<i>P<sub>dQ</sub> (=27.G):</i>	<b>10665</b>				

Valor das Propostas p/ Q <sub>p</sub>								Valores das Propostas p/ C <sub>p</sub> e T <sub>p</sub>							
UNP 1		UNP 2		UNP 3		UNP 4		C <sub>p</sub>				T <sub>p</sub>			
A <sub>p</sub>	A <sub>p.G</sub>	A <sub>p</sub>	A <sub>p.G</sub>	A <sub>p</sub>	A <sub>p.G</sub>	A <sub>p</sub>	A <sub>p.G</sub>	UNP1	UNP2	UNP3	UNP4	UNP1	UNP2	UNP3	UNP4
27	2025	9	675	27	2025	3	225	115	112	98	102	5	5	5	5
9	765	3	255	9	765	27	2295								
27	2430	9	810	27	2430	9	810								
27	945	27	945	27	945	27	945								
27	1620	27	1620	27	1620	27	1620								
27	810	27	810	27	810	27	810								
27	1080	27	1080	27	1080	27	1080								
9	720	27	2160	9	720	9	720								
27	1215	27	1215	27	1215	27	1215								
SGi.Api = 11610								P <sub>pC</sub> :				P <sub>pT</sub> :			
P <sub>pQ</sub> : 79,63								[P <sub>pC</sub> = Kc(100+100(Cd-Cp)/Cp)]				[P <sub>pT</sub> = (100-100Kt)((Td-Tp)/Td)**2]			
								110,43	113,39	129,6	124,5	100	100	100	100
$P_p = P_{pQ} + P_{pC} + P_{pT}$ :								P <sub>p</sub> ganhadora:							
290,1		279		309,2		291,2		309,22							
(P <sub>pQ</sub> = 100K <sub>Q</sub> * SGi.Api / P <sub>pQ</sub> )															
Q <sub>p</sub>								C <sub>p</sub>				T <sub>p</sub>			
UNP 2		UNP 2		UNP 3		UNP 4		UNP1	UNP2	UNP3	UNP4	UNP1	UNP2	UNP3	UNP4
Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	148	154	163	152	5	5	5	5
27	2025	9	675	27	2025	3	225								
9	765	27	2295	9	765	27	2295								
27	2430	9	810	27	2430	9	810								
27	945	27	945	27	945	27	945								
27	1620	27	1620	27	1620	27	1620								
27	810	27	810	27	810	27	810								
27	1080	27	1080	27	1080	27	1080								
9	720	27	2160	9	720	9	720								
27	1215	27	1215	27	1215	27	1215								
SGi.Api = 11610								P <sub>pC</sub> :				P <sub>pT</sub> :			
P <sub>pQ</sub> : 79,63								91,892	88,312	83,44	89,47	100	100	100	100
P <sub>p</sub> :								P <sub>p</sub> ganhadora:							
271,5		267,9		263,1		256,1		271,52							
Q <sub>p</sub>								C <sub>p</sub>				T <sub>p</sub>			
UNP 5		UNP 6		UNP 7		UNP 8		UNP5	UNP6	UNP7	UNP8	UNP5	UNP6	UNP7	UNP8
Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	32	35	30	32	6	5	6	5
27	1485	27	1485	9	495	27	1485								
27	2025	9	675	27	2025	27	2025								
9	540	27	1620	27	1620	27	1620								
27	945	9	315	27	945	9	315								
27	540	27	540	27	540	27	540								
27	675	27	675	27	675	27	675								
27	270	27	270	27	270	27	270								
SGi.Api = 6480								P <sub>pC</sub> :				P <sub>pT</sub> :			
P <sub>pQ</sub> : 85,71								109,38	100	116,7	109,4	96	100	96	100
P <sub>p</sub> :								P <sub>p</sub> ganhadora:							
291,1		273,8		299,6		301		301,04							
Q <sub>p</sub>								C <sub>p</sub>				T <sub>p</sub>			
UNP 9		UNP 10		UNP 11		UNP 12		UNP9	UNP10	UNP11	UNP12	UNP9	UNP10	UNP11	UNP12
Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	Q <sub>p</sub>	Q <sub>p.G</sub>	238	230	242	220	5	6	5	5
9	720	3	240	9	720	3	240								
3	180	9	540	3	180	9	540								
3	225	9	675	27	2025	9	675								
27	1485	27	1485	27	1485	9	495								
27	810	27	810	27	810	27	810								
27	945	27	945	27	945	27	945								
27	540	27	540	27	540	27	540								
27	270	27	270	27	270	27	270								
SGi.Api = 5175								P <sub>pC</sub> :				P <sub>pT</sub> :			
P <sub>pQ</sub> : 52,51								100,84	104,35	99,17	109,1	100	96	100	100
P <sub>p</sub> :								P <sub>p</sub> ganhadora:							
253,4		256,2		269,9		254,9		269,95							

Q <sub>p</sub>								C <sub>p</sub>				T <sub>p</sub>			
UNP	13	UNP	14	UNP	15	UNP	16	UNP13	UNP14	UNP15	UNP16	UNP13	UNP14	UNP15	UNP16
Qp	Qp.G	Qp	Qp.G	Qp	Qp.G	Qp	Qp.G	12	13	12	11	5	5	5	5
9	540	27	1620	9	540	9	540								
27	810	9	270	27	810	27	810								
27	810	27	810	27	810	27	810								
27	1215	9	405	27	1215	27	1215								
27	540	27	540	27	540	27	540								
SGi.Api =	3915		3645		3915		3915	P <sub>pc</sub> :				P <sub>pt</sub> :			
P <sub>pq</sub> :	78,38		72,97		78,38		78,38	100	92,308	100	109,1	100	100	100	100
P <sub>p</sub> :								P <sub>p</sub> ganhadora:							
	278,4		265,3		278,4		287,5		287,47						
Q <sub>p</sub>								C <sub>p</sub>				T <sub>p</sub>			
UNP	13	UNP	14	UNP	15	UNP	16	UNP13	UNP14	UNP15	UNP16	UNP13	UNP14	UNP15	UNP16
Qp	Qp.G	Qp	Qp.G	Qp	Qp.G	Qp	Qp.G	23	22	20	19	5	5	5	5
9	540	27	1620	9	540	9	540								
27	810	9	270	27	810	27	810								
27	1215	27	1215	27	1215	27	1215								
9	540	27	1620	9	540	27	1620								
9	405	9	405	27	1215	27	1215								
27	810	27	810	27	810	27	810								
27	1215	9	405	27	1215	27	1215								
27	540	27	540	27	540	27	540								
27	540	27	540	27	540	27	540								
SGi.Api =	6615		7425		7425		8505	P <sub>pc</sub> :				P <sub>pt</sub> :			
P <sub>pq</sub> :	69,01		77,46		77,46		88,73	95,652	100	110	115,8	100	100	100	100
P <sub>p</sub> :								P <sub>p</sub> ganhadora:							
	264,7		277,5		287,5		304,5		304,52						
Q <sub>p</sub>								C <sub>p</sub>				T <sub>p</sub>			
UNP	17	UNP	18	UNP	19	UNP	20	UNP17	UNP18	UNP19	UNP20	UNP17	UNP18	UNP19	UNP20
Qp	Qp.G	Qp	Qp.G	Qp	Qp.G	Qp	Qp.G	46	47	47	46	5	5	5	5
27	2025	27	2025	27	2025	27	2025								
27	2295	27	2295	27	2295	27	2295								
27	1620	27	1620	27	1620	27	1620								
27	1350	9	450	9	450	9	450								
3	105	9	315	3	105	3	105								
9	270	27	810	9	270	9	270								
9	225	3	75	9	225	9	225								
27	945	27	945	27	945	27	945								
SGi.Api =	8835		8535		7935		7935	P <sub>pc</sub> :				P <sub>pt</sub> :			
P <sub>pq</sub> :	82,84		80,03		74,4		74,4	91,304	89,362	89,36	91,3	100	100	100	100
P <sub>p</sub> :								P <sub>p</sub> ganhadora:							
	274,1		269,4		263,8		265,7		274,15						

Valor Realizado		
(UNP Vencedora)		
Ar	Ar.G	Tr
27	2025	6
9	765	
9	810	
27	945	
9	540	
27	810	
27	1080	
9	720	
27	1215	
	PrQ:	PrT:
	<b>61,1111111</b>	<b>96</b>
	Pr:	286,70
	I [= (Pr - Pp)/Pp]:	-0,0728
Valor Realizado		
(UNP Vencedora)		
Ar	Ar.G	Tr
27	2025	6
9	765	
9	810	
27	945	
9	540	
27	810	
27	1080	
9	720	
27	1215	
	PrQ:	PrT:
	<b>61,1111111</b>	<b>96</b>
	Pr:	249,00
	I:	-0,0829
Valor Realizado		
(UNP Vencedora)		
Ar	Ar.G	Tr
27	1485	5
9	675	
27	1620	
9	315	
27	540	
27	675	
27	270	
	PrQ:	PrT:
	<b>73,8095238</b>	<b>100</b>
	Pr:	283,18
	I:	-0,0593
Valor Realizado		
(UNP Vencedora)		
Ar	Ar.G	Tr
27	2160	6
9	540	
27	2025	
9	495	
27	810	
27	945	
27	540	
27	270	
	PrQ:	PrT:
	<b>78,9954338</b>	<b>96</b>
	Pr:	274,17
	I:	0,0156

Valor Realizado (UNP Vencedora)		
<i>A<sub>r</sub></i>	<i>A<sub>r.G</sub></i>	<i>T<sub>r</sub></i>
9	540	5
27	810	
27	810	
27	1215	
9	180	
	<i>PrQ:</i>	<i>PrT:</i>
	<b>71,1711712</b>	<b>100</b>
	<i>Pr:</i>	280,26
	<i>I:</i>	-0,0251
Valor Realizado (UNP Vencedora)		
<i>A<sub>r</sub></i>	<i>A<sub>r.G</sub></i>	<i>T<sub>r</sub></i>
9	540	6
27	810	
27	1215	
9	540	
9	405	
27	810	
27	1215	
9	180	
27	540	
	<i>PrQ:</i>	<i>PrT:</i>
	<b>65,258216</b>	<b>96</b>
	<i>Pr:</i>	277,05
	<i>I:</i>	-0,0902
Valor Realizado (UNP Vencedora)		
<i>A<sub>r</sub></i>	<i>A<sub>r.G</sub></i>	<i>T<sub>r</sub></i>
27	2025	5
9	765	
27	1620	
9	450	
9	315	
27	810	
9	225	
27	945	
	<i>PrQ:</i>	<i>PrT:</i>
	<b>67,0886076</b>	<b>100</b>
	<i>Pr:</i>	258,39
	<i>I:</i>	-0,0575