

MAURO SÉRGIO DO CARMO MARQUES RIBEIRO BESSA

**METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DO
NÍVEL DE AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE
PRODUÇÃO ENXUTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

CURITIBA

2004

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MAURO SÉRGIO DO CARMO MARQUES RIBEIRO BESSA

**METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DO
NÍVEL DE AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE
PRODUÇÃO ENXUTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Área de Concentração: Gerência de Produção e Logística

Orientador: Prof. Dr. Sérgio E. Gouvêa da Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Edson Pinheiro de Lima

CURITIBA

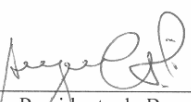
2004

TERMO DE APROVAÇÃO

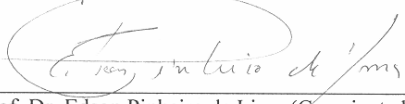
MAURO SÉRGIO DO CARMO MARQUES RIBEIRO BESSA

METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ENXUTA

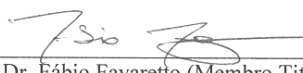
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pela seguinte banca examinadora:



Presidente da Banca
Prof. Dr. Sérgio Eduardo Gouvêa da Costa (Orientador)



Prof. Dr. Edson Pinheiro de Lima (Co-orientador)



Prof. Dr. Fábio Favaretto (Membro Titular)



Prof. Dr. Marcelo Gechele Cleto (Membro Titular)

Curitiba, 30 de agosto de 2004.



Bessa, Mauro Sérgio do Carmo Marques Ribeiro.

Metodologia para a Avaliação do Nível de Automação em Sistemas de Produção
Enxuta, 2004. 179 pg.

Dissertação – Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

1. Produção Enxuta 2. Automação 3. Avaliação 4. Metodologia

I. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

Nesta página: Ata de defesa e termo de aprovação que serão fornecidos pela secretaria após a defesa da dissertação e efetuadas as correções solicitadas.

Dedico este trabalho a meus filhos,
Mauro Sérgio e William.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Sérgio Eduardo Gouvêa da Costa por haver possibilitado a minha participação neste programa de pós-graduação e também ter me orientado com grande conhecimento e capacidade. O seu constante incentivo e apoio ao longo do programa foram decisivos para o sucesso desta jornada e desenvolvimento desta dissertação.

Ao Professor Doutor Edson Pinheiro de Lima que possibilitou desde o início do curso, que todos os mestrandos buscassem a forma mais correta de pesquisa e desenvolvimento dos trabalhos acadêmicos, o meu mais profundo agradecimento.

Ao Professor Doutor Marco Antonio Buseti pelo aprendizado e pela direção competente deste programa de pós-graduação.

Ao Professor Doutor Fabio Favaretto por me ensinar a ter cuidado com a significância e meticulosidade da abordagem do pensamento científico.

A todos os professores do programa que não mediram esforços para transmitir e ensinar os seus conhecimentos ao longo dos dois anos de jornada. Às assistentes de programa que sempre se mostraram presentes e prestativas, na divulgação de informações e distribuição de material acadêmico, o meu reconhecimento e agradecimento.

À CAPES – Coordenação de Pessoal de Nível Superior, por haver concedido a bolsa de estudos para a realização deste mestrado.

À PUCPR – Pontifícia Universidade Católica do Paraná que introduziu este programa de pós-graduação, inovando no ambiente do ensino acadêmico.

Inergy Automotive do Brasil, na pessoa do Diretor Geral no Brasil, Engº Sidney Macedo, por haver permitido a minha participação nas atividades do mestrado e pela valiosa contribuição na Pesquisa de Campo realizada.

A meus pais e meu irmão pelo incentivo permanente e torcida pelo sucesso na conclusão dessa dissertação.

A Deus pela benção e fé.

Sumário

Agradecimentos	v
Sumário	vi
Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xi
Lista de Abreviaturas	xiii
Resumo	xvi
Abstract	xviii
Capítulo 1 – Introdução	21
1.1 Apresentação	21
1.2 Objetivo	22
1.3 Limitações	24
1.4 Estrutura da Dissertação	25
Capítulo 2 – Revisão da Literatura	26
2.1. Definição	26
2.2 Características do Sistema Produção Enxuta	30
2.3 Sistema de Produção Enxuta – Pontos Fortes	35
2.3.1 Pontos Fortes	36
2.3.1.1 Just-in-Time - JIT	36
2.3.1.2 Kanban	37
2.3.1.3 Planejamento da Produção no Sistema de Produção Enxuta	38
2.3.1.4 JIDOKA - Automação	40
2.4 Sistema de Produção	42
2.4.1 Recursos Físicos	44
2.4.1.2 Recursos de Gerenciamento	44
2.5 Automação	45
2.5.1 Definição	45
2.5.2 Introdução à Automação	47
2.5.2.1 Energia para a Alimentação do Sistema	48
2.5.2.2 Programa de Instruções	48
2.5.2.3 Sistema de Controle	50

2.5.2.4 Tipos de Automação da Manufatura	51
2.6 Níveis de Automação	53
2.6.1 Estratégia de Automação	55
2.6.1.1 O Princípio dos USA	56
2.6.1.2 As Dez Estratégias para a Automação	56
2.6.1.3 A Estratégia de Migração para a Automação	58
2.7 A Automação nos Sistemas de Manufatura e as Relações de Trabalho	60
2.7.1 As Indústrias de Manufatura e seus Produtos	60
2.7.2 As Relações de Trabalho na Manufatura Automatizada	61
2.7.2.1 Força de Trabalho Manual nas Fábricas	62
2.7.2.1.1 A Polarização das Qualificações	64
2.8 - Requisitos de Automação no Sistema Enxuto	65
2.9 O Papel Estratégico da Manufatura	69
2.9.1 Estratégia e Organização da Manufatura	70
2.9.2 Conceito de Estratégia de Manufatura	72
2.9.3 Conteúdo Básico da Estratégia de Manufatura	73
2.9.4 Formulação da Estratégia	76
2.9.4.1 Definição das Dimensões Competitivas	76
2.10 Objetivos Estratégicos do Sistema de Produção	78
2.11 Sistema de Medição e Desempenho	80
2.11.1 Características do Sistema de Medição e Desempenho	83
2.11.2 Requisitos Importantes	85
2.11.3 Elementos de Gerenciamento	86
Capítulo 3 – Metodologia e Projeto de Pesquisa	87
3.1 Metodologia de Pesquisa	87
3.2 Desenvolvimento da Pesquisa	91
3.3 Pesquisa de Campo	94
3.3.1. Questão de pesquisa	96
3.4 Princípios e Objetivos da Pesquisa	97
Capítulo 4 – Automação na Produção Enxuta	98
4.1 Deficiências do Sistema de Produção Enxuta	98
4.2 A Transformação das Operações	101
4.2.1 <i>Drivers</i> para a Automação	104

Capítulo 5 – Metodologia para a Avaliação do Nível de Automação em Sistemas de Produção Enxuta	107
5.1 A Construção do Framework	107
5.1.2 - Construção do Framework	112
5.2 Metodologia Proposta para a Construção do Framework	115
5.2.1 Etapas de avaliação da Automação na Produção Enxuta	116
Capítulo 6 – Refinamento e Teste da Metodologia	131
6.1 O Estudo de Caso	131
6.2 Características do Pólo Automotivo de Curitiba	132
6.3 Perfil das Empresas Entrevistadas	134
6.4 Dados Obtidos na Pesquisa de Campo	136
6.4.1 Pesquisa Acadêmica	136
6.4.1.1 Avaliação do Processo	137
6.4.1.2 Principais Contribuições	139
6.4.1.3 Conclusões	141
6.4.2 Pesquisa na Indústria Automotiva	142
6.4.2.1 Principais Contribuições	145
6.4.2.2 Conclusões	147
Capítulo 7 – Conclusões e Sugestões de Trabalhos Futuros	149
7.1 Análise dos Objetivos Propostos	149
7.2 Futuras Contribuições	154
Referências Bibliográficas	155
Anexos	166

Lista de Figuras

Figura 2.1	Sistema de Produção Enxuta – Ohno (1997)	27
Figura 2.2	Características essenciais do Sistema de Produção Enxuta – Katayma (1996)	30
Figura 2.3	Categorização dos Sistemas de Produção – Kraficik (1988)	33
Figura 2.4	Fluxo de Kanban – Tubino (2000)	38
Figura 2.5	Combinação de Produção contra-pedido e de Produção Antecipada – Tubino (2000)	40
Figura 2.6	Automação	41
Figura 2.7	Sistema de Produção – Slack et al. (2002)	43
Figura 2.8	Automação e Tecnologia de Controle nos Sistemas de Produção – Groover (2001)	46
Figura 2.9	Elementos de um Sistema Automatizado – Groover (2001)	47
Figura 2.10	Três tipos de Automação X Volume de Produção – Groover (2001)	52
Figura 2.11	Os cinco níveis de automação e controle de manufatura – Groover (2001)	54
Figura 2.12	Tabela de níveis de automação – Harris (2003)	68
Figura 2.13	Relação Hierárquica da Estratégia Corporativa e de Manufatura – Slack et al. (2002)	72
Figura 2.14	Definição dos objetivos estratégicos do sistema de produção – Pinto e Pires (1997)	80
Figura 2.15	Desdobramento hierárquico de medidas – Lewis (1993)	81
Figura 2.16	Sistema de medição e avaliação de desempenho X Reavaliação da estratégia de manufatura – Lewis (1993)	82
Figura 2.17	Relação entre avaliação do desempenho e a estratégia de manufatura – Pinto e Pires (1997)	86
Figura 3.1	Projeto de Pesquisa – Bryman (1989)	88
Figura 3.2	As dimensões da Engenharia de Produção – Lovejoy (1996)	90
Figura 3.3	Fluxograma da Pesquisa de Campo	93
Figura 3.4	Estrutura conceitual da pesquisa	97
Figura 4.1	Os custos relativos da produção enxuta e flexível – Katayama (1999)	100
Figura 4.2	Efeito do custo não linear – Katayama (2001)	101
Figura 4.3	Cadeia de Valores – Porter (1989)	106
Figura 5.1	Diagrama de Processos Organizacionais	111
Figura 5.2	Framework	114
Figura 5.3	Etapas da Pesquisa de Campo	116
Figura 5.4	Fluxograma de Medição do Nível de Automação	125

Lista de Tabelas

Tabela 2.1	3 M da Toyota - muda, mura, muri	28
Tabela 2.2	Production System Characteristics – Krafcik (1988)	31
Tabela 2.3	As 4 Regras da Toyota – Spears e Bowen (1999)	32
Tabela 2.4	Comparativo dos Sistemas Tradicionais e o TPS – DaimlerChrysler (2000)	34
Tabela 2.5	Características dos Ciclos de Produção utilizados em Sistemas Automatizados – Groover (2001)	50
Tabela 2.6	Ser Humano X Máquinas – Loyola (1999)	63
Tabela 2.7	As múltiplas dimensões: tempo, qualidade, custo e flexibilidade – Neely et al. (1994)	84
Tabela 4.1	Separação entre trabalhador e máquina X níveis de automação – Shingo (1996)	103
Tabela 4.2	A relação entre a automação da produção e recursos computacionais – Souza (1995)	105
Tabela 5.1	Papel da gerência – Salerno (1999)	111
Tabela 5.2	Planejamento da execução das etapas de pesquisa	116
Tabela 5.3	Atividades da Etapa 1 da Pesquisa	117
Tabela 5.4	Formulário de Apresentação da Empresa	118
Tabela 5.5	Matriz de Pontos Fortes e Melhorias	119
Tabela 5.6	Atividades da Etapa 2 da Pesquisa	121
Tabela 5.7	Biblioteca de Operações	122
Tabela 5.8	Funções desempenhadas pelo operador	123
Tabela 5.9	Atividades da Etapa 3 da Pesquisa	126
Tabela 5.10	Capacitação do Processo	127
Tabela 5.11	Estratégia de Automação	128
Tabela 5.12	Atividades da Etapa 4 da Pesquisa	129
Tabela 5.13	Prioridades de Automação	130
Tabela 6.1	Apresentação das Empresas Entrevistadas	135
Tabela 6.2	Características dos processos das empresas entrevistadas	136
Tabela 6.3	Principais contribuições das entrevistas	139
Tabela 6.4	Nível de aplicação do Sistema de Produção Enxuta	142
Tabela 6.5	Nível de utilização da automação	142
Tabela 6.6	Resultado geral da pesquisa	143
Tabela 6.7	Gaps encontrados na pesquisa	144
Tabela 6.8	Indicadores de desempenho X nível de automação	145
Tabela 6.9	Principais contribuições da pesquisa na indústria automotiva	146

Lista de Símbolos

π

Lista de Abreviaturas

AGV/AGVS	Automated Guided Vehicle System
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAPP	Computer Aided Process Planning
CIM	Computer Integrated Manufacturing – Manufatura integrada por computador
CLP = PLC	Controlador Lógico Programavel – Programmable Logic Control
CNC	Computer Numerical Control
EP	Engenharia de Produção
ERP	Enterprise Resources Planning
FINEP	Financiadora de Estudos e Pesquisa
FCS	Fatores Críticos de Sucesso
JIDOKA	Autonomação
JIT	Just-in-time
KANBAN	Cartão de produção
LP	Lean production – produção enxuta
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MOP	Manufacturing Operating Principles – Chrysler 2000
MRP	Material Requirement Planning - Planejamento de necessidades de materiais
MRP II	Manufacturing Resources Planning – Planejamento dos recursos de manufatura
PS	Pull system – sistema puxado
PADCT	Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PCP	Programação e controle da produção
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
RH	Recursos Humanos
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SET-UP	Troca de produto e preparação de máquina
SMED	Single minute exchange dye
SPE	Sistema de Produção Enxuta
TAKT-TIME	Tempo de cadência
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TQC	Total Quality Control
TQM	Total Quality Management
3 M	Muda, muri, mura

Resumo

Este trabalho apresenta a proposta de desenvolvimento de uma metodologia de pesquisa para a avaliação do nível de automação no Sistema de Produção Enxuta.

A utilização da manufatura manual em substituição aos meios e processos produtivos automatizados, reforça a necessidade da busca por métodos mais efetivos de avaliação do momento da transformação para processos automatizados em combinação com o Sistema Enxuto de Manufatura.

A prática dos Sistemas Enxutos de Manufatura permite a otimização dos recursos dos processos produtivos e promove o nivelamento da produção, flexibilizando a mão de obra e reduzindo os desperdícios no “chão de fábrica”. Porém a limitação do ser humano para a execução de tarefas repetitivas, cria um “gargalo”, rompendo com o nivelamento da produção.

Assim o *gap* ou desnivelamento nos meios de produção deve ser avaliado e os indicadores de desempenho do processo produtivo mensurados.

Os indicadores de monitoramento da eficácia permitirão que sejam encaminhados os estudos necessários para a determinação do nível de automação a ser aplicado, para atender as necessidades do Sistema de Produção Enxuta.

A proposta da pesquisa é o de criar uma metodologia para a avaliação e identificação do nível de automação no Sistema de Produção Enxuta e se entender a dinâmica do *trade-off* envolvido.

A validação da metodologia será realizada através de Pesquisa de Campo e com a revisão bibliográfica da literatura disponível do Sistema de Produção Enxuta e da Automação industrial.

Palavras-Chave: 1. Produção 2. Enxuta 3. Automação 4. Metodologia.

Abstract

This paper presents a proposal for developing a research methodology for evaluating the automation level on lean manufacturing systems.

The use of manual labor replacing automated productive processes and means requires a search for more effective methods for the evaluation of the transformation point to automated processes combined with the lean manufacturing system.

The practice of Lean Manufacturing Systems allows the optimization of productive processes resources and fosters the production leveling and manpower flexibility by reducing waste on the shop floor. However the limitation of the human being for making repetitive tasks sets a “bottleneck” on manufacturing operations and collapsing the production-leveling schedule.

So a gap or unlevelled production means must be evaluated and the productive processes performance indicators measured.

The efficiency monitoring indicators will address necessary studies to determine the level of automation to be applied to accomplish requirements of Production System.

The proposal of this research is to create a methodology to evaluate and identify the level of automation on Lean Manufacturing Systems in order to realize the dynamic of trade-off involved.

The methodology validation will be made through a field research and reviewing the literature available of the Lean Manufacturing Systems and Industrial Automation.

Keywords: 1. Production 2. Lean 3. Automation 4. Methodology.

Capítulo 1

1 Introdução

1.1 Apresentação

O cenário econômico mundial pode ser caracterizado, nos dias de hoje, por quatro fatores marcantes: forte concorrência, velocidade na disseminação de informações, evolução e renovação rápida da tecnologia, e crescente interdependência dos mercados em escala internacional. Este último veio romper definitivamente as tradicionais barreiras comerciais existentes entre os países, vindo a instituir a chamada "era da globalização".

É neste ambiente de competição que a Área de Manufatura das empresas - ou a Área Industrial - tem fundamental papel a desempenhar, auxiliando as organizações na conquista de vantagem competitiva (HAYES e PISANO 1994).

Para Porter (1986) “vantagem competitiva é o conjunto de características construídas por uma empresa que a diferenciam dos concorrentes, permitindo um posicionamento mais vantajoso no mercado para garantir sua sobrevivência”.

A vantagem competitiva pode ser conseguida através dos diferentes estágios da cadeia de valor de uma unidade empresarial: matéria-prima, pesquisa e desenvolvimento, manufatura, marketing, distribuição e serviços.

Na medida em que a manufatura é um destes estágios, torna-se imperativo que as organizações a percebam como sendo um importante setor estratégico e não somente “ocupe um papel secundário ou de apoio na estratégia competitiva" (PORTER 1980).

Segundo Muscat e Fleury (1993), “os padrões de competição, são crescentemente marcados pelo dinamismo, incerteza e desconhecimento, levando o mercado a demandar produtos diversificados e cada vez mais complexos”.

As empresas, que estavam acostumadas a operar dentro de lógica fordista-taylorista, cujo objetivo central era a redução dos custos e o aumento da eficiência, tiveram que enfrentar a nova realidade, em que flexibilidade, qualidade, tempo e inovatividade, além de custos, são os fatores competitivos de grande importância (BOLWIIJN e KUMPE, 1990; GOUVÊA DA COSTA, PLATTS e FLEURY 2000).

A adoção de sistemas automatizados tem sido uma das alternativas empregadas pelas empresas para competirem nesta nova realidade (MILLEN e SOHAL, 1998; DIMNIK e JOHNSTON, 1993; UDO e EHIE, 1996).

1.2 Objetivo

A motivação para a pesquisa foi gerada pela observação do autor dessa dissertação, sobre o Sistema de Produção Enxuta, como empregado de empresas do ramo automotivo e das oportunidades de melhoria que nele poderiam ser implementadas, no tocante à flexibilização, eficácia do desempenho, competitividade, redução de custos, inovação, avaliação da exposição dos trabalhadores a riscos e condições extremas e nivelamento da produção.

A utilização de operações manuais e da automação, em níveis diferenciados apresenta situações em que a utilização da mão-de-obra permanente não assegura o desempenho planejado para o processo, surgindo assim a aplicação da automação como uma proposta alternativa (LOYOLA, 1999).

Para Shingo (1996) “as indústrias modernas têm prosperado pelo fato de, gradualmente, transferir o trabalho que era feito por homens para as ferramentas e as máquinas. As máquinas hoje manipulam as ferramentas que um dia foram operadas pelas mãos dos trabalhadores; a energia do ser humano foi substituída por energia elétrica ou gerada por outras fontes. Entretanto, durante essa evolução, a confiabilidade das máquinas manteve-se baixa, exigindo sempre a atenção contínua dos trabalhadores. O julgamento humano fez-se necessário para identificar e corrigir os problemas da máquina”.

O Sistema de Produção Enxuta foi denominado por Womack (1990) em um trabalho desenvolvido no MIT - *Massachusetts Institute of Technology*, sobre a indústria automobilística mundial, no qual o termo “enxuto” determina a eficácia desse sistema em comparação com o sistema de produção em massa. O termo “enxuto” teve a sua origem no Sistema Toyota de Produção, iniciado no Japão nos anos cinquenta, logo após o final da segunda grande guerra.

A prática dos Sistemas Enxutos de Manufatura permite a otimização dos recursos dos processos produtivos e promove o nivelamento da produção, flexibilizando a mão de obra e reduzindo os desperdícios no “chão de fábrica”. Porém, a limitação do ser humano na realização de tarefas repetitivas, cria um “gargalo”, rompendo com o nivelamento da produção.

O paradigma da pura aplicação de operações manuais na Produção Enxuta é enfocada neste trabalho.

Segundo Harris e Rother (2003), “é necessário um certo nível de automação, para alcançar fluidez no processo enxuto, elemento este indispensável para uma conversão bem sucedida do sistema”.

Para Shingo (1996) “a pré-automação ou automação (automação com toque humano) foi adotada no Sistema Toyota de Produção, separando completamente os trabalhadores das máquinas através do uso de mecanismos sofisticados para detectar anormalidades de produção. Muitas das máquinas usadas pela Toyota têm essa capacidade.”

A Automação da área de Manufatura define as dimensões competitivas e os *fatores críticos de sucesso* do Sistema de Produção (PORTER 1986).

A Automação tem função estratégica na transformação, destacando-se como áreas de decisão, a avaliação das necessidades de produção e os níveis de Automação a serem aplicados (FUJIMOTO 1997).

O objetivo principal desta dissertação é desenvolver uma metodologia para avaliar o nível de automação no ambiente do Sistema de Produção Enxuta. A diretriz é estabelecida através de indicadores, pelos quais mensuram-se as necessidades do Sistema de Produção, em comparação com os níveis de Automação a serem aplicados no processo produtivo.

O objetivo específico deste trabalho é criar uma metodologia que defina um Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho, mensurando os indicadores de monitoramento das necessidades de produção em co-relação aos níveis de automação aplicados ao Sistema de Produção Enxuta.

A origem do tema, portanto, é pautado nas seguintes questões:

- Quando – em que momento se aplica a automação na Produção Enxuta?
- O que – qual a metodologia se deve utilizar para identificar o nível atual de automação?

As respostas para as duas questões apresentadas podem ser elaboradas identificando-se na Engenharia da Produção, na área de Gerência de Produção e Logística o conhecimento para se pesquisar o tema e desenvolver o método almejado.

1.3 Limitações

O foco dessa dissertação está voltado para as empresas de manufatura do ramo automotivo, excluindo empresas da área de serviços.

Os fatores humanos como o ambiente e a cultura das empresas, motivação e comportamento, são de grande importância para o tema e este trabalho foi proposto com a participação de funcionários de empresas do ramo automotivo e também de doutores e mestres na área de Administração e Engenharia da Produção.

1.4 Estrutura da Dissertação

Este trabalho apresenta a descrição dos conceitos e metodologias abordados, a fundamentação dos objetivos principais propostos e está dividido em sete capítulos descritos como se segue.

O capítulo 1 apresentou os objetivos, justificativas da pesquisa e suas limitações.

O capítulo 2 descreve de forma mais detalhada a revisão da literatura e dos conceitos que envolvem o Sistema de Produção Enxuta, Automação e a Estratégia de Manufatura.

O capítulo 3 descreve a origem e motivação para o desenvolvimento da Metodologia e Projeto de Pesquisa em que os recursos humanos são substituídos por equipamentos com um alto grau de Automação.

O capítulo 4 apresenta o ambiente da Automação na Produção Enxuta e a Transformação de Sistemas e os indicadores de monitoramento, que permitem o gerenciamento da transformação do processo produtivo.

O capítulo 5 apresenta a Metodologia para Avaliação do Nível de Automação na Produção Enxuta, uma avaliação teórica e qualitativa baseada na metodologia apresentada no capítulo 3.

O Capítulo 6 apresenta o Refinamento e Teste da Metodologia proposta com os resultados da Pesquisa de Campo e indicadores.

O capítulo 7 apresenta a conclusão final e propõem sugestões de futuros trabalhos a serem implementados.

Capítulo 2

2 Revisão de Literatura

2.1. Sistema de Produção Enxuta

Desde a publicação do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK, 1990), a defesa do Sistema de Produção Enxuta (SPE) tem dominado as teorias e práticas de projetos de sistemas de produção (KATAYAMA, 1996).

A criação de um sistema enxuto de produção foi iniciada pela Toyota do Japão nos anos cinquenta. A aplicação dos princípios deste sistema transformou a Toyota de um pequeno produtor de milhares de veículos em 1950, no terceiro maior fabricante em 1984, com 3,5 milhões de unidades produzidas, perdendo apenas para a FORD.

Os cinco anos de estudo de Womack (1990), sobre a indústria automobilística nos anos oitenta, gerou a afirmação de que “o sistema de produção enxuta é a melhor maneira de se produzir artigos manufaturados”. Esta argumentação é baseada na evidência de que as indústrias automotivas japonesas desenvolveram metodologias de projeto e construção de veículos em menor tempo, com menos pessoas e menor estoque, do que as empresas manufatureiras ocidentais. A Figura 2.1, a seguir, apresenta a seqüência de eventos para a empresa que adota o sistema enxuto de produção obter maior participação de mercado e maior índice de satisfação dos clientes.

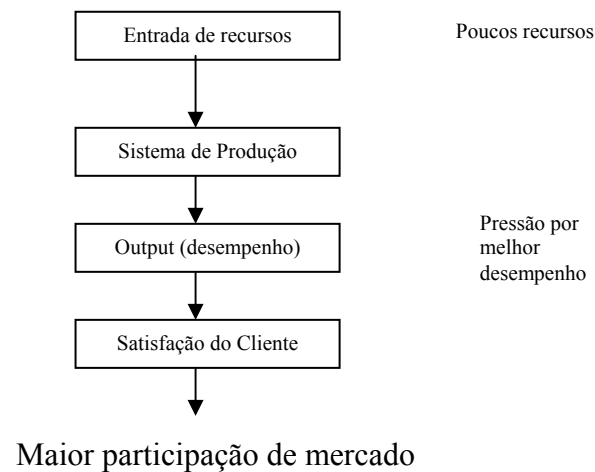


Figura 2.1 - Sistema de Produção Enxuta

FONTE: Ohno (1997)

Segundo Spears e Bowen (1999), “para se entender o sucesso da Toyota, devemos entender que a rigidez na especificação é o que torna possível a flexibilidade e a criatividade no sistema”. Continua o autor “que o paradoxo está no fato de que as fábricas da Toyota têm todas as suas atividades documentadas, tornando ao mesmo tempo as operações extremamente flexíveis e adaptáveis”.

O objetivo principal do SPE é a eliminação de desperdícios. Estes são classificados por Ohno (1997) em sete tipos, a saber:

- Superprodução.
- Espera.
- Transporte.
- Processamento / Duplo manuseio.
- Estoques.
- Movimentos.
- Peças defeituosas.

A Toyota no Japão utiliza a sigla 3 M para definir as três características prejudiciais a um processo e que devem ser eliminadas, para garantir qualidade, robustez e programas de produção balanceados. A Tabela 2.1, a seguir, apresenta o significado de cada uma:

Os 3 M	
<u>MUDA</u>	Desperdício Os sete desperdícios: produto defeituoso, produção em excesso, inventário, transporte, processamento, movimentação (andar), espera
<u>MURI</u>	Sobrecarregar pessoas ou máquinas acima da capacidade normal de operação. Sobrecarga física ou mental
<u>MURA</u>	Flutuação no planejamento da produção ou volume de produção. Para operadores, a variação de trabalho é comparada em relação ao padrão de produção (acima ou abaixo).

Tabela 2.1 – Os 3 M da Toyota
(Toyota, 1996)

O ponto de partida para o SPE e a mentalidade enxuta consiste na definição do que é Valor. Segundo o Lean Institute (2002), “Valor é a capacidade oferecida ao cliente no momento certo a um preço adequado, conforme definido pelo cliente”.

A identificação da cadeia de valor deve então ser realizada, separando os processos em três tipos:

- aqueles que agregam valor;
- aqueles que não agregam valor, mas são importantes para a qualidade do produto;
- aqueles que não agregam nenhum valor e devem ser eliminados.

A análise do fluxo de valor, ou nova mentalidade de produção, promoverá a identificação de alternativas de processo, que conduzirão à inovação e melhoria contínua, desde a criação do produto, suas vendas e, por vezes, até o pós-venda.

A consequência das etapas anteriores será a Produção Puxa (*Pull System*), reduzindo os custos, esforços, tempos e espaços, em consonância com a premissa da eliminação dos desperdícios do processo.

A quinta etapa é o conhecimento do sistema e seus processos, por todos os membros da cadeia de manufatura (montadores, fornecedores de todos os níveis, distribuidores e revendedores). Assim sendo, a eliminação de produtos defeituosos será continuamente obtida, gerando produtos com maior qualidade, elevando o nível de satisfação dos clientes e conquistando maiores parcelas de participação no mercado.

O atingimento de elevados níveis de qualidade de produto no SPE acontece em razão do encorajamento dos operadores a fazerem os seus produtos com qualidade. Assim sendo, peças defeituosas não devem seguir de uma etapa para a seguinte do processo, sem que estejam conforme os requisitos de qualidade.

A alta produtividade do ambiente da SPE é atingida em razão das atividades multifuncionais de cada membro da equipe de produção. A *Jidoka*, ou “autonomação”, ou interface homem-máquina é desempenhada com a operação de células de trabalho, em perfil “U” ou equivalente, em que o operador simultaneamente alimenta e opera, mais de um equipamento.

O Sistema de Produção Enxuta (SPE) na dimensão da organização da produção, pode ser resumido da seguinte forma;

- metodologia de cooperação;
- *just-in-time*;
- produção responsável pela qualidade;
- operadores multifuncionais e auto-inspeção;
- equipes multitarefa;
- autonomação.

2.2 Características do Sistema de Produção Enxuta

As características essenciais do Sistema de Produção Enxuta são mostradas na Figura 2 (KATAYAMA, 1996). A característica-chave é que poucos *inputs* de recursos são requeridos pelo sistema de manufatura (menos material, menos peças, operação de produção mais curta, menos tempo improdutivo de *set-up*, etc.). Ao mesmo tempo, existe uma pressão por alto atingimento de performance de *output* (melhor qualidade, alta especificação técnica, grande variedade de produtos, etc.). Isto resulta em maior satisfação do cliente, que, em contrapartida, permite que a companhia “enxuta” ganhe uma participação de mercado maior que a de seus competidores.

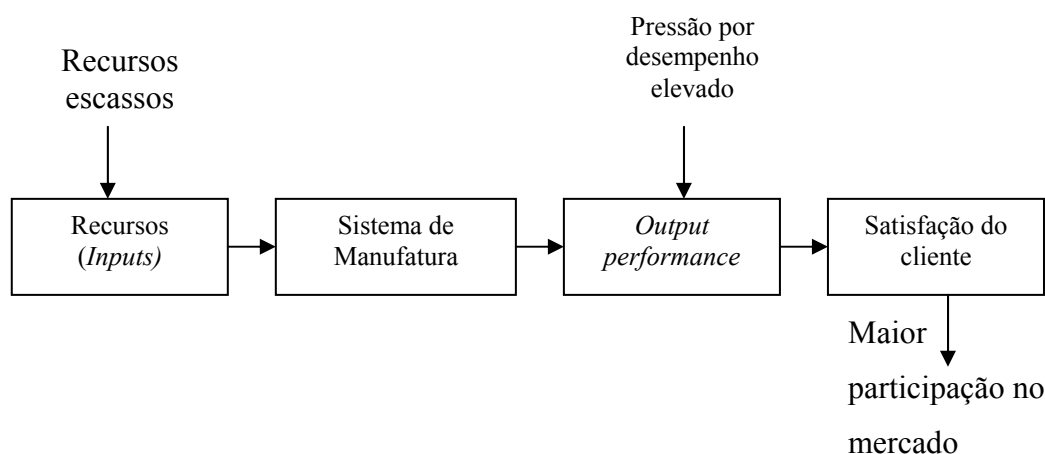


Figura 2.2 As características essenciais do Sistema de Produção Enxuta

FONTE: Katayama (1996)

Segundo Shingo (1996), as duas características principais do Sistema de Produção Enxuta são a busca pela excelência, em termos de combinar performance com melhoria contínua, e repensar a organização do trabalho, a fim de ganhar flexibilidade e estrutura organizacional efetiva. Para o autor, a busca pela excelência e as mudanças na organização do trabalho (*teamwork*, enriquecimento do trabalho, etc.) conduzem à adoção do gerenciamento por processos.

Para Krafcik (1988), muitos dos princípios de Henry Ford, na sua mais pura forma, são ainda válidos e integram as bases do que se conhece por TPS (Toyota Production System).

A tabela 2.2, proposta por Krafcik (1988), lista algumas outras características do Sistema de Produção Enxuta, em comparação com outros sistemas produtivos.

<i>Production System Characteristics</i>				
<i>Characteristics</i>	<i>Craftsmen</i>	<i>Pure Fordism</i>	<i>Recent Fordism</i>	<i>TPS</i>
<i>Work Standardization</i>	<i>Low</i>	<i>High, by managers</i>	<i>High, by managers</i>	<i>High, by teams</i>
<i>Span of Control</i>	<i>Wide</i>	<i>Narrow</i>	<i>Narrow</i>	<i>Moderate</i>
<i>Inventories</i>	<i>Large</i>	<i>Moderate</i>	<i>Large</i>	<i>Small</i>
<i>Buffers</i>	<i>Large</i>	<i>Small</i>	<i>Large</i>	<i>Small</i>
<i>Repair Areas</i>	<i>Integral</i>	<i>Small</i>	<i>Large</i>	<i>Small</i>
<i>Teamwork</i>	<i>Moderate</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>

Tabela 2.2 – Production System Characteristics

FONTE: Krafcik (1988)

O TPS – Toyota Production System (LP – Lean Production) ou Sistema de Produção Enxuta, e o método científico que o estrutura, não foram impostos na Toyota – nem mesmo escolhidos conscientemente. O sistema e o método cresceram naturalmente, no trabalho da companhia durante cinco décadas. Como resultado, não foram registrados, e os operários na Toyota têm dificuldade em descrevê-los (Spears e Bowen, 1999).

Esta é a principal razão, continuam os autores, para que “estranhos” consigam entender os princípios que norteiam o TPS. Resumindo, mostram-se estes princípios, tentando tornar explícito o que é implícito, através de quatro regras, que mostram como a Toyota estabelece todas as suas operações e experimentos, e uma regra de melhoramento, que mostra como é ensinado o método científico para os trabalhadores de todos os níveis da organização. Essas regras dificilmente são observadas no processo e, portanto, formam a essência do TPS.

Estas regras formam o DNA do Sistema Toyota de Produção. São elas:

1. Como as pessoas trabalham.
2. Como as pessoas se comunicam.
3. Como a linha de produção é construída.
4. Como melhorar o processo.

Fonte: Spears e Bowen (1999).

Para melhor compreensão das regras implícitas no Sistema Toyota de Produção, a Tabela 2.3 apresenta o significado delas, apresentado por: Spears e Bowen (1999).

AS 4 REGRAS
Regra 1: Todo trabalho deve ser claramente especificado, no conteúdo, sequência, tempo e <i>outcome</i> .
Regra 2: Cada relação cliente-fornecedor deve ser direta e um sistema binário de pedido e resposta (sim e não)
Regra 3: O trajeto para cada produto e serviço deve ser simples e direto.
Regra 4: Qualquer melhoramento deve ser feito em conformidade com o método científico, sob a tutela de um professor, no mais baixo nível possível da organização.

Tabela 2.3 – As 4 Regras da Toyota

FONTE: Spears e Bowen (1999).

Segundo Ohno (1997), “se Henry Ford estivesse vivo, ele teria feito com o seu sistema de produção o mesmo que Toyota fez”. Este comentário é representado na Tabela 2.4, comparando-se o “Fordismo” puro com o TPS.

Esta comparação é caracterizada levando-se em conta o nível de adaptabilidade dos dois sistemas de produção e a eficiência da escala de produção, ao longo do período de existência tanto do sistema *Ford*, quanto do sistema *Toyota* de Produção Krafcik (1988).

A Figura 2.3 a seguir apresenta a Categorização dos Sistemas de Produção.

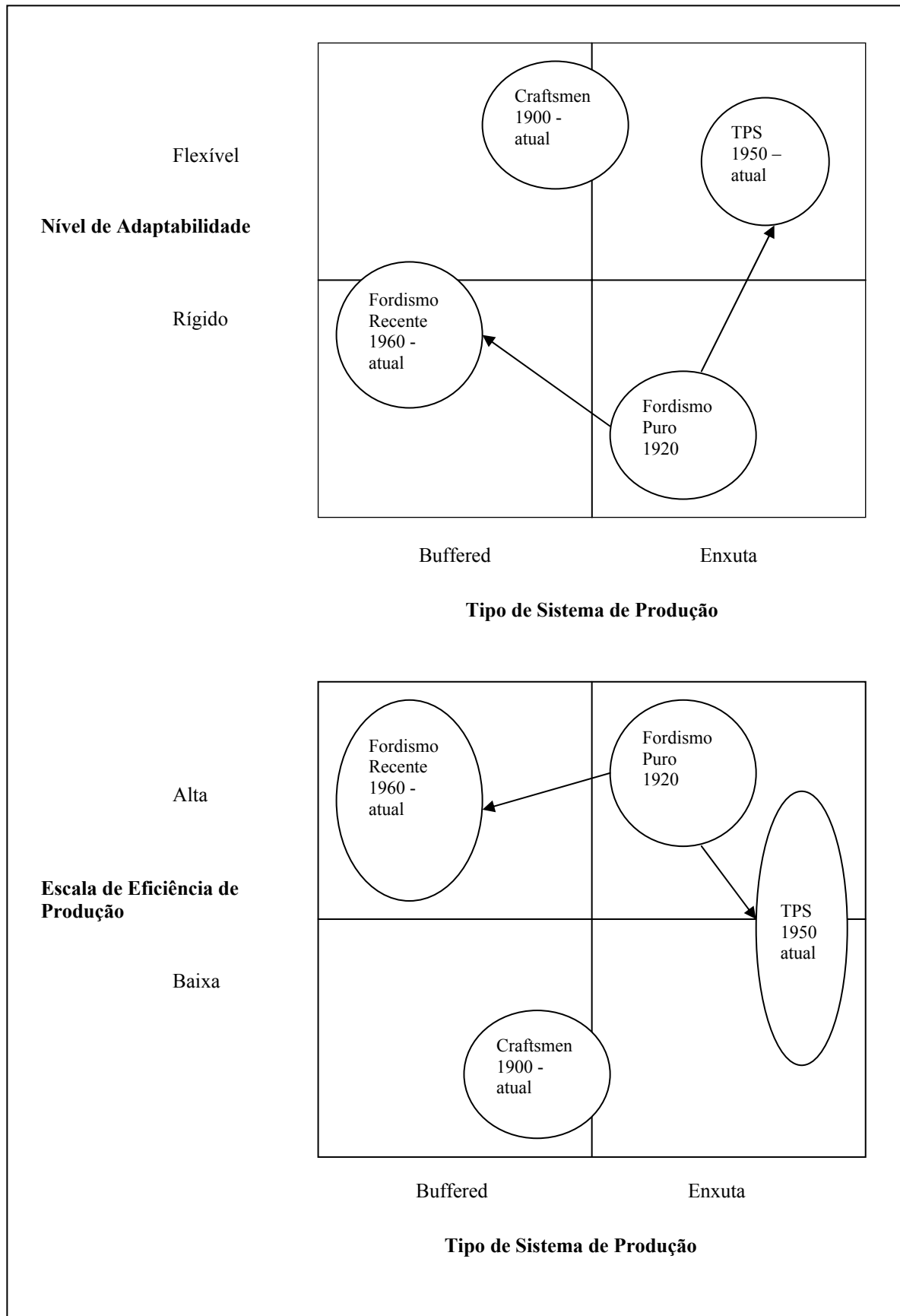


Figura 2.3: Categorização dos Sistemas de Produção
 FONTE: Krafick (1988)

A *DaimlerChrysler*, empresa originada da fusão, em 1999, da alemã Daimler-Benz com a Chrysler Corporation americana, adota, no seu Sistema Operacional, os vários elementos do TPS.

Esse sistema é denominado de MOP (Manufacturing Operating Principles) e apresenta, na sua filosofia, as definições da Tabela 2.4, para comparar o sistema Ford, aqui denominado “tradicional”, com o TPS.

Comparativo do Sistema Tradicional x TPS	
<u>Traditional</u>	<u>TPS</u>
•<i>Planned and Scheduled (Pushed)</i> •<i>Batch Processing</i> •<i>Extensive In-Process Inventory</i> •<i>Kits Scheduled/Issued</i> •<i>Lead Time in Days/Weeks/Months</i> •<i>Quality Problems are Hidden</i> •<i>Waste</i>	•<i>Customer Order Driven (Pulled)</i> •<i>One-Piece Flow / Processing</i> •<i>Near-Zero In-Process Inventory</i> •<i>Feeder Processes</i> •<i>Kanban</i> •<i>Customer Demand Rate</i> •<i>Quality Problems are Surfaced</i> •<i>Waste elimination</i>

Tabela 2.4 – Comparativo entre Sistema Tradicional e TPS

Fonte: DaimlerChrysler Operating System - 2000

Womack (1990), em seu livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, declara que, enquanto Ford e Sloan estavam nadando no mar de novas idéias, o caos do pós-guerra no Japão criou um ambiente fértil para um novo pensar. Muitas das técnicas construídas por Eiji Toyoda e Taichi Ohno, no seu sistema enxuto de produção, foram trazidas ao mesmo tempo para outras indústrias. Por exemplo, as idéias de aperfeiçoamento da qualidade, do consultor americano W. Edwards Deming, foram adotadas por um grande número de indústrias japonesas, de vários segmentos. Um outro grande número de idéias foi introduzida por Toyoda e Ohno por grandes pressões sociais, particularmente no tratamento dos trabalhadores como custo fixo, gerando grande tensão nas relações do trabalho, pela política do *contrata e despede*.

Entretanto, continua Womack (1990), o resultado obtido no Japão está em colocar todas as peças juntas, para criar um sistema completo de produção enxuta, desde o planejamento do produto e todas as etapas da manufatura, até a coordenação do sistema de suprimentos ao cliente final.

2.3 Sistema Enxuto de Produção – Pontos Fortes

O Sistema Toyota de Produção surgiu a partir do desenvolvimento do conceito de "Mecanismos da Função Produção", na fábrica da Toyota Motors, no Japão. O "Mecanismo da Função Produção" foi apresentado pela primeira vez no ano de 1945, num encontro técnico promovido pela Associação Japonesa de Gerenciamento. Este conceito rompeu a visão tradicional proveniente do ambiente industrial taylorista/fordista, no qual os processos e as operações eram percebidos como pertencentes ao mesmo eixo de análise. O argumento é o de que os sistemas de produção constituem-se em uma rede funcional de processos e operações: o processo refere-se ao fluxo de materiais ou serviços no tempo e no espaço, enquanto que a operação refere-se à ativação das pessoas e dos equipamentos disponíveis no tempo e no espaço.

Para Shingo (1996), formulador deste conceito, isto é demonstrado através de pressupostos teóricos, em que os esforços de melhoria dos Sistemas de Produção devem priorizar permanentemente uma visão de processo.

A teoria que sustenta o Sistema Toyota de Produção baseia-se na priorização das melhorias na função processo, via eliminação contínua e sistemática das perdas nos Sistemas de Produção. O sistema visa, especificamente, eliminar os custos desnecessários ao Sistema de Produção, princípio do "não-custo". Os conceitos e técnicas que formam a base do chamado Sistema Toyota de Produção foram resultado da seguinte sucessão de conclusões:

- a) a função processo consiste de "processamento", "inspeção", "transporte" e "estocagem". Somente o processamento agrega valor. As outras funções são perdas que devem ser minimizadas, principalmente a superprodução (estocagem). Surgiu daí o conceito de *Just-in-Time*;
- b) a demanda do mercado requer alta diversidade;
- c) atender a demanda com alta diversidade requer continuados esforços para executar a produção em pequenos lotes, o que só é possível reduzindo drasticamente os tempos de *set-up*, tempos de trocas de ferramentas e diminuindo as perdas de produção. Dessas necessidades, surgiram as técnicas de "Troca Rápida de Ferramentas" e inspeção "Zero Defeitos (100%)";
- d) os ciclos de produção também têm de ser reduzidos. Fluxos unitários de peças devem ser adotados e fluxos de produção interligados e coerentes, do processamento à montagem, devem ser construídos. A técnica "Kanban" surgiu para atender a essas necessidades.

2.3.1 Pontos Fortes

No Sistema Enxuto de Produção, as ferramentas e metodologias aplicadas definem os pontos fortes (*strenghts*) que o sustentam.

Para Ohno (1997), os dois pilares deste sistema são a autonomação e o JIT – *Just in time*.

Apresentaremos, nas sub-seções seguintes, um resumo dessas técnicas e outras decorrentes, no sentido de configurar sua utilização e definir a sua aplicação.

2.3.1.1 *Just-in-Time* - JIT

O Sistema Toyota tem como primeiro princípio a minimização dos custos. A origem dos lucros é estabelecida pela fórmula "Preço - Custo = Lucro". Como o preço é estabelecido pelo mercado, a única maneira de aumentar o lucro é reduzir constantemente os custos. Para reduzir custos, deve-se perseguir ardorosamente a eliminação de perdas.

Segundo o sistema, podemos dividir as operações em dois tipos:

- a) as operações que não agregam valor, como: caminhar para obter peças, desembalar peças vindas de fornecedores, movimentar materiais etc.; e
- b) as operações que agregam valor, ou seja, aquelas que transformam realmente a matéria-prima, modificando a forma ou a qualidade. Agregar valor é transformar um material em estado bruto em um produto final com maior valor econômico.

A perda é qualquer atividade que não contribui para as operações que agregam valor. Dentro desta ótica, a geração de estoques é considerada uma grande fonte de desperdício, sendo classificada como uma perda por superprodução. A superprodução pode ser de dois tipos:

a) quantitativa - quando, por exemplo, são produzidas mais peças do que o necessário para suprir a taxa histórica de rejeição por defeitos; neste caso, numa produção com poucos defeitos as peças excedentes serão desperdiçadas.

b) antecipada - quando o produto é feito antes que ele seja necessário; assim, se 100 peças foram encomendadas para o dia 30, mas foram produzidas antecipadamente no dia 15, está caracterizada a superprodução.

Na Toyota Motors, o método utilizado para eliminar a perda por superprodução é o *Just-in-time*. Significa produção com estoque zero, onde cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade exatamente necessária e no momento necessário. *Just-in-time* pode ser traduzido literalmente como "no tempo certo", ou seja, sem a geração de estoques.

2.3.1.2 - Kanban

Taiichi Ohno, ex-vice-presidente de manufatura da Toyota, afirma: "Os dois pilares do Sistema Toyota de Produção são o *just-in-time* e a automação com toque humano, ou automação. A ferramenta empregada para operar o sistema é o Kanban". (Ohno, 1997).

O *Kanban* é uma técnica de controle visual, com cartões ou painéis de informações, e tem o objetivo fundamental de acabar com os estoques de produtos acabados, buscando produzir somente em resposta aos pedidos. Foi inspirado no sistema utilizado pelos supermercados, o qual tem as seguintes características:

- a) os consumidores escolhem diretamente as mercadorias e compram as suas favoritas;
- b) o trabalho dos empregados é menor, pois os próprios consumidores levam suas compras às caixas registradoras;
- c) ao invés de utilizar um sistema de reabastecimento estimado, o estabelecimento repõe somente o que foi vendido, reduzindo os estoques.

A principal característica da técnica *Kanban* é a terceira (letra "c"), ou seja, apenas aquilo que o consumidor adquiriu é reabastecido. Os pedidos percorrem a cadeia de processos do final ao início, de um processo a outro, conforme mostra a Figura 2.4 na página seguinte.

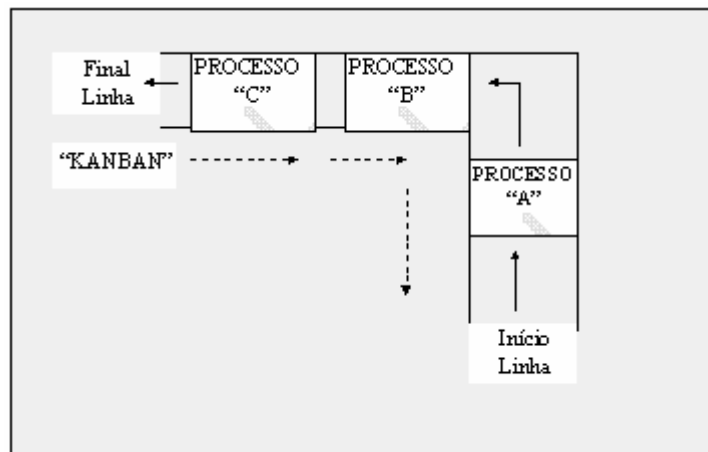


Figura 2.4 – Fluxo de KANBAN

FONTE: adaptado de Tubino (2000)

O *Kanban* é muito eficiente na simplificação do trabalho administrativo e permite maior autonomia ao "chão-de-fábrica", o que possibilita responder a mudanças com maior flexibilidade. Ao dar instruções no processo final da linha, a informação é transmitida de forma organizada e rápida ao longo de todas as operações até o início da linha.

Para se beneficiar plenamente da técnica *Kanban*, o processo produtivo precisa ter natureza repetitiva, sem muitas alterações temporais ou quantitativas. O sistema não é recomendável em empresas com produção sob projeto não-repetitivo, onde os pedidos são infreqüentes e imprevisíveis.

2.3.1.3 - Planejamento da Produção no Sistema de Produção Enxuta

Atualmente, as empresas não têm mais poder para definir o prazo de entrega dos pedidos, pois quem decide é o mercado. Os clientes querem ter suas necessidades atendidas, e, para isto, impõem prazo entre a colocação de seu pedido e o tempo de recebimento da mercadoria. Para melhor compreensão, identificaremos este prazo como sendo "E".

Por outro lado, para qualquer mercadoria manufaturada, temos um prazo mínimo estimado entre a colocação da ordem de fabricação e a disponibilização do produto pronto para consumo. Este prazo é o chamado ciclo de produção, que identificaremos por "P".

Assim sendo, se produzir contra pedido significa colocar uma ordem de produção somente se existe um pedido (venda confirmada) colocado pelo cliente, chegaremos a uma situação de impasse quando $P > E$. Nesta situação, certamente o prazo de entrega não será atendido, pois o ciclo de produção é maior que o tempo disponível para produção.

Para contornar este problema, mesmo no Sistema Toyota, algumas operações, como prensagem, soldagem e usinagem de peças, são realizadas com base em previsões de demanda. É claro que essas previsões são de curtíssimo prazo, abrangendo apenas o período suficiente para antecipar a produção de componentes necessários para completar a produção no sistema contra pedido.

No Sistema Toyota, o planejamento da produção se inicia com um plano de longo prazo, baseado na previsão de demanda, nas tendências de longo prazo do mercado e nos investimentos para redimensionamento da capacidade da planta. De acordo com intensas pesquisas de mercado realizadas todo ano, o plano de longo prazo é desdobrado em um plano anual de produção (plano agregado).

Durante o decorrer do ano, o plano anual em execução vai sendo decomposto em planos mensais, designados como Planos Mestres de Produção. O Plano Mestre do mês é oficializado nos últimos dias do mês anterior. Consiste em um referencial para a programação de entrega dos fornecedores, produção de itens e componentes com base em previsão de demanda (ex.: prensagem, soldagem, conformação) e dimensionamento da capacidade de máquinas e pessoal. Este plano é extremamente flexível, na verdade, a produção do mês será composta pelas produções semanais e diárias realizadas de acordo com os pedidos colocados (planos finais).

Os planos finais são aqueles contendo os pedidos já confirmados colocados pelos clientes. Podem ser quinzenais, semanais ou diários, variando de acordo com o prazo "E" definido pelo mercado.

O importante a ressaltar é que a seqüência da produção da montagem final é ajustada diariamente aos pedidos do consumidor, e as mudanças são retransmitidas aos processos precedentes via Kanban. A Fábrica da Toyota combina um planejamento preciso de produção

por antecipação com um planejamento contra pedido, à medida que a produção se aproxima da montagem final, conforme mostra a Figura 2.5.

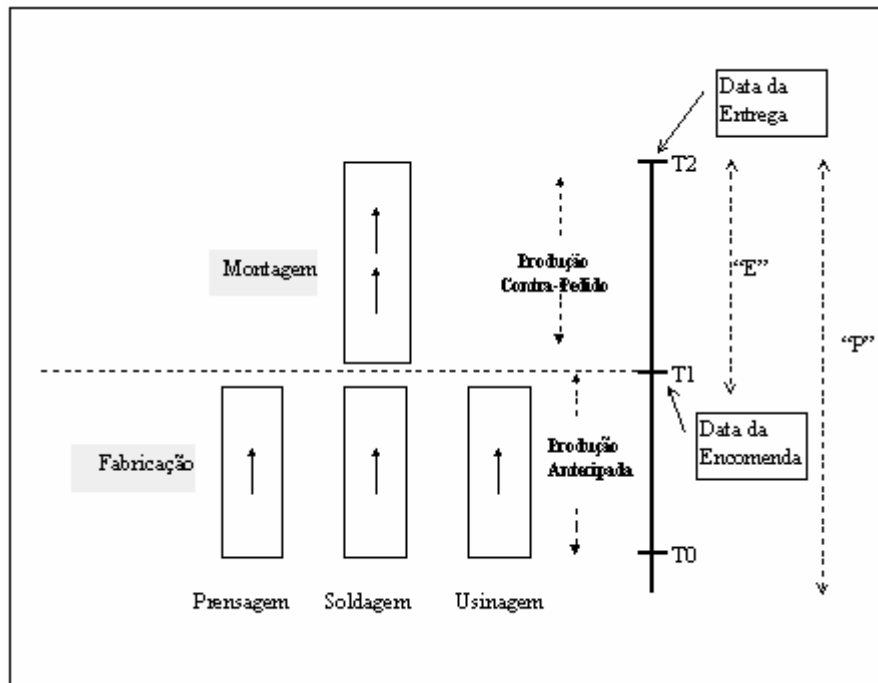


Figura 2.5 - Combinação de Produção Contra Pedido e de Produção Antecipada.

FONTE: adaptado de Tubino (2000)

2.3.1.4 – JIDOKA – Autonomia

Autonomia significa a transferência da inteligência humana para uma máquina. (Ohno, 1997).

A *Toyota* utiliza autonomia, ou automação com um toque humano, ao invés de simples automação. A expressão “interface homem-máquina”, também é empregada por alguns autores.

O conceito originou-se do tear auto-ativado de Toyoda Sakichi, cuja invenção era equipada com um dispositivo que parava a máquina automática e imediatamente se os fios

verticais ou laterais se rompessem ou saíssem do lugar. Assim sendo, um dispositivo de julgar foi embutido na máquina. (Ohno, 1997).

Este conceito é aplicado na *Toyota* não somente aos equipamentos e máquinas, mas também à linha de produção e aos trabalhadores. As situações anormais que surgirem no processo são imediatamente interrompidas pelos operários, de modo a impedir a sua progressão para a fase seguinte da operação.

A automação impede a fabricação de produtos defeituosos, eliminando a superprodução, permitindo a investigação das causas do problema, conforme ilustra a Figura 2.6, a seguir:

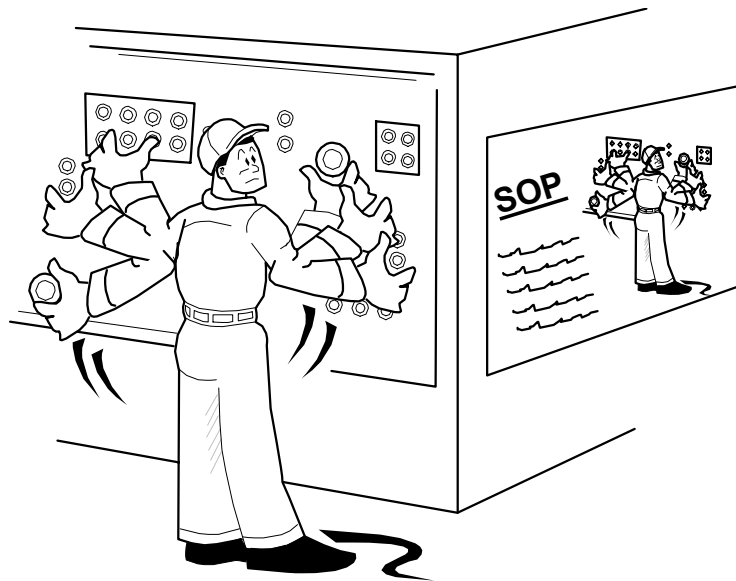


Figura 2.6 – Automação

2.4 – Sistema de Produção

Os principais campos de decisão na manufatura, para Corrêa e Giancesi (2001), são: a) a capacidade de produção; b) instalações; c) tecnologia; d) integração vertical; e) força de trabalho; f) qualidade; g) fluxo de materiais; h) novos produtos; i) medidas de desempenho; j) organização.

Hayes e Wheelwright (1985) dividem os tipos de decisão da manufatura em "decisões estruturais" e "decisões infra-estruturais". Segundo os autores, as decisões estruturais são relativas às *instalações industriais, capacidade, tecnologia, e integração vertical*, enquanto que as decisões infra-estruturais são relativas à *organização, gestão da qualidade, PCP, recursos humanos e avaliação de desempenho*.

Para Slack *et al.* (2002), a divisão do Sistema de Produção assemelha-se à classificação entre *hardware* e *software*, utilizada na classificação dos componentes de um computador. Num computador, existem os recursos estruturais ou físicos (*hardware*) e os recursos infra-estruturais ou sistemas (*softwares*), que contêm o conjunto de instruções que comandam a utilização dos recursos estruturais. A eficiência de um computador resulta da combinação de um bom *hardware* e um bom *software*.

Levando em conta as classificações propostas pelos autores citados acima, e para fins deste trabalho, convencionamos que o Sistema de Produção é um sistema composto por dois elementos:

- a) recursos físicos (*hardware*);
- b) recursos de gerenciamento (*software*).

Os recursos físicos são representados pelas instalações industriais, capacidade, tecnologia, integração vertical e recursos humanos, ao passo que os recursos de gerenciamento são constituídos por um Sistema de Planejamento e Controle da Produção (PCP), um Sistema de Qualidade e um Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho. (ver Figura 2.7).

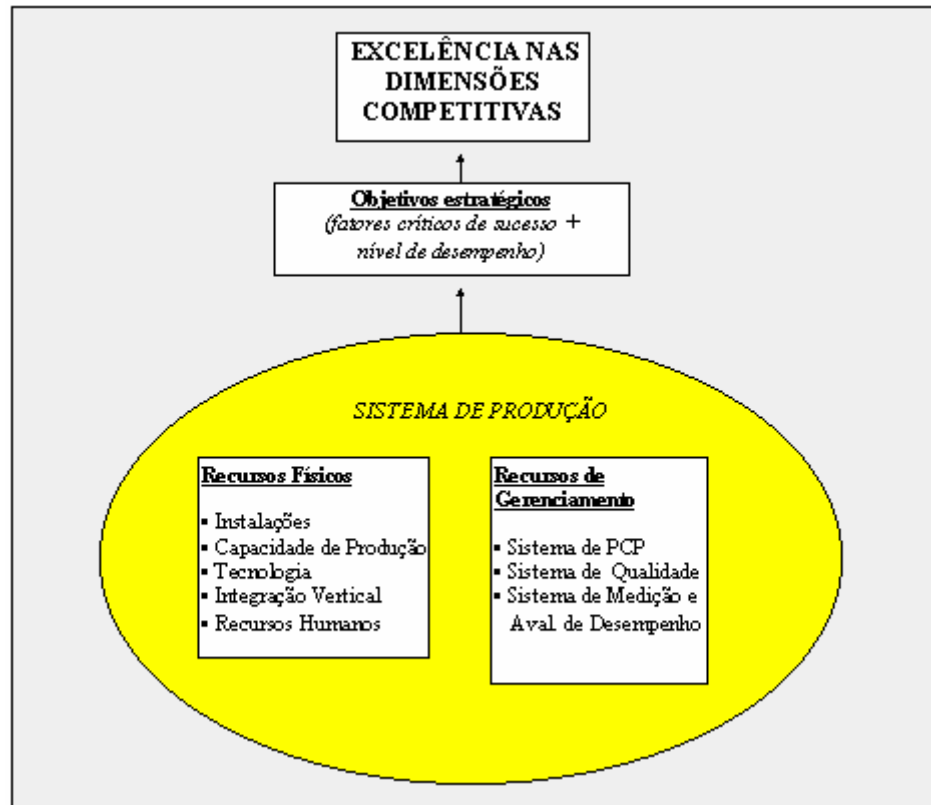


Figura 2.7 - Sistema de Produção

FONTE: Slack *et al* (2002)

Esta classificação objetiva facilitar a visualização de que os resultados do Sistema de Produção são obtidos pela interação entre os recursos físicos e os recursos de gerenciamento, isto é, o Sistema de PCP gerencia o fluxo de materiais e a utilização dos recursos físicos, enquanto o Sistema de Qualidade procura orientar a busca da melhoria contínua das atividades; e, por sua vez, o Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho é o principal instrumento para monitorar e avaliar se as atividades de manufatura estão gerando os resultados que foram definidos como *objetivos estratégicos* do Sistema de Produção.

2.4.1 - Recursos Físicos

As principais decisões a serem tomadas pela empresa relativas aos itens que compõem os recursos físicos, segundo Corrêa e Giansi (1993), são:

- a) *Instalações*: arranjo físico, tamanho, localização, especialização, políticas de manutenção.
- b) *Capacidade de produção*: que nível, que tipo, como e com que rapidez incrementar a produção.
- c) *Tecnologia*: quais equipamentos, qual o grau da automação, da flexibilidade e da versatilidade.
- d) *Integração Vertical*: em que direção e com qual extensão.
- e) *Recursos Humanos*: quais níveis de especialização, que políticas salariais e que planos de carreira.

É a partir desse elenco de decisões que a estrutura do Sistema de Produção é organizada e a cada alteração um novo impacto provocará modificações no sistema.

2.4.1.2 - Recursos de Gerenciamento

A habilidade no gerenciamento de informações tem grande impacto nos resultados da organização, visto que, para responder com agilidade às exigências do mercado, é necessário rapidez e precisão no fluxo das informações que circulam na empresa. Os recursos de gerenciamento do Sistema de Produção, por sua vez, lidam diretamente com o fluxo de informações, gerando e disseminando uma grande variedade de dados que servem de apoio à diversas decisões importantes relacionadas à produção.

Assim sendo, e em razão da relevância destes recursos, mais adiante dedicaremos o item 2.11 para analisar os "Sistemas de PCP" e o "Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho". O Sistema de Qualidade, apesar de atualmente exercer importante papel, não somente na Área de Manufatura, mas em todas as partes da organização, não será abordado, pois não integra o escopo deste trabalho.

2.5 - Automação

“Automação é a tecnologia pela qual um processo é completado sem a participação do ser humano. Para a sua implementação, utiliza-se um programa de instruções, combinado com um sistema de controles que executa as instruções” (GROOVER, 2001).

2.5.1 - Definição

O termo automação, no ambiente da manufatura, tem maior aderência com as mudanças promovidas nas atividades ou tarefas executadas manualmente. A automação da manufatura encaminhou as mudanças sociais mundiais, desde o seu nascimento em Yorkshire, Inglaterra. Assim, a estrutura social foi drasticamente alterada. A automação da manufatura tornou possível que um número crescente de *commodities* fossem produzidas em massa. A produção em massa trouxe vendas em massa. Kunii (1997)

Para Groover (2001), “para automatizar um processo, energia é requerida tanto para acionar o processo em si como para operar o programa e o sistema de controles. A automação é aplicada em uma ampla variedade de áreas, mas é associada mais fortemente com a indústria de manufatura”.

O termo “Automação” foi originalmente cunhado por um gerente de engenharia da Ford Motor Company em 1946, para descrever a variedade de dispositivos automáticos de transferência e mecanismos de alimentação, instalados nas plantas produtivas da Ford.

A definição de Groover (2001) estabelece limitações nas questões que envolvem a automação dos sistemas de manufatura.. Esses sistemas, por serem intensos de mão-de- obra e operarem com alto grau de dependência da capacitação e habilidades dos operadores no “chão de fábrica”, necessitam simultaneamente da aplicação de níveis de automação cada vez maiores e a participação dos operadores do processo.

Em estudo realizado pela Ota – *Office of Technology Assestment – USA*, em 1984, a Automação Programável tem o potencial de aperfeiçoar o ambiente da manufatura. A automação assim o fará se reduzir a necessidade dos trabalhadores executarem tarefas de risco ou desagradáveis e será aplicada de maneira a fornecer oportunidades de tomada de decisão

no ambiente de trabalho. À medida que o trabalho se torna cada vez mais automatizado, é importante considerar o papel desempenhado pelas pessoas em relação aos equipamentos e como a sociedade definirá e projetará este papel.

Para ilustrar a posição da automação e tecnologia de controle, na maioria dos sistemas de produção é apresentada, na Figura 2.8, a integração entre as várias áreas do sistema produtivo.

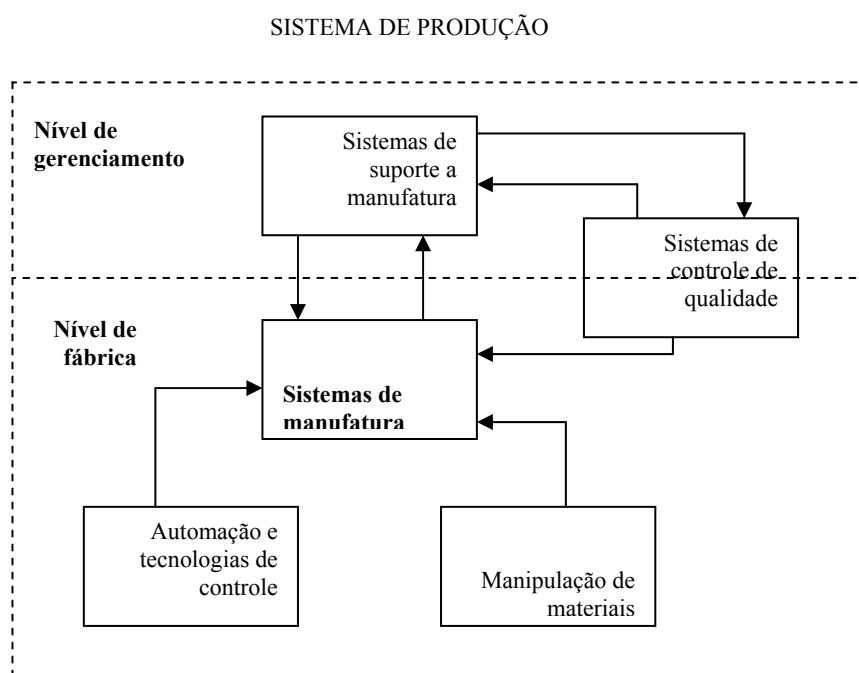


Figura 2.8 – Automação e Tecnologias de Controle nos Sistemas de Produção

FONTE: Groover (2001)

Neste capítulo, apresentaremos os conceitos e princípios que delineiam a automação e sua utilização nos sistemas de manufatura, em função da sua variedade de aplicações e tipos de soluções de engenharia de processo. A resposta para as questões como:

- Quais são algumas das características avançadas além dos elementos básicos?
- Quais são os elementos de um sistema automatizado?
- Quais são os níveis de atividades em que a automação pode ser aplicada?

A revisão de conceitos básicos e definições mencionadas será estabelecida em três partes, que abordarão os aspectos a seguir:

- Introdução à Automação.
- Níveis de Automação e Estratégia de Automação.
- A Automação nos Sistemas de Manufatura e as Relações de Trabalho

2.5.2 - Introdução à Automação

Um sistema automatizado consiste de três elementos básicos:

- Energia para alimentar o processo e operar o sistema.
- Programa de Instruções para dirigir o processo.
- Sistema de Controle para acompanhar as instruções.

A totalidade de sistemas que se qualificam como automatizados incluem esses três elementos em uma forma ou outra (Groover, 2001).

A figura 2.9 ilustra a relação entre esses três elementos.

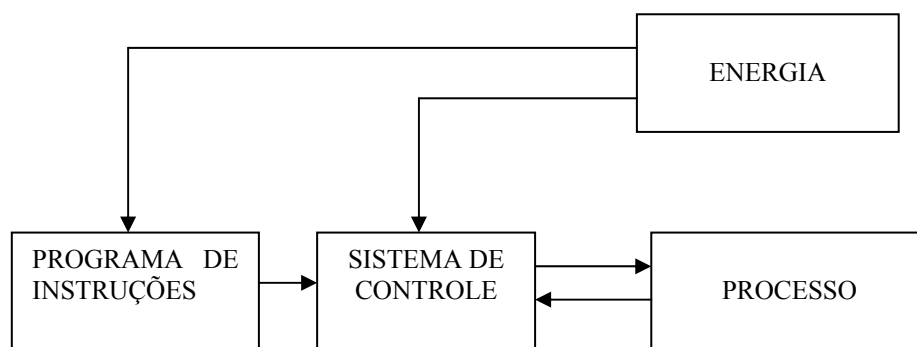


Figura 2.9 – Elementos de um sistema automatizado
FONTE: Groover (2001)

2.5.2.1 - Energia para alimentação do sistema

A principal fonte de energia para acionar um processo automatizado é a eletricidade (GROOVER, 2001).

As suas vantagens em processos automatizados e não automatizados são diversas. Entre elas estão:

- A energia elétrica é amplamente disponível a um custo moderado.
- A energia elétrica pode ser convertida em outras formas de energia, tais como: mecânica, térmica, luz, acústica, hidráulica e pneumática.
- A energia elétrica de baixa tensão pode ser utilizada para a transmissão de sinais, processamento de informação, comunicação e armazenamento de dados.
- A energia elétrica pode ser armazenada em baterias de longa vida, para a aplicação em locais onde não haja energia disponível.

O processo de automação necessita também de fontes adicionais de energia, que é utilizada para as seguintes funções:

- Unidades de controle – utilizadas na leitura do programa de instruções.
- Energia para a atuação dos controladores de sinal – dispositivos de baixa voltagem que transmitem os comandos dos atuadores (e.g. motores).
- Processamento de informação e aquisição de dados – coleta de dados do processo para os controladores e manutenção dos registros de desempenho ou qualidade do processo.

2.5.2.2 - Programa de Instruções

O programa de instruções de um processo automatizado define as ações desempenhadas no processo, independentemente do nível da operação no sistema de manufatura. Cada etapa do processo é completada através de um passo no programa, que define as características do produto ou processo. O conjunto de passos, para a completa concepção do produto, é definido através do ciclo de tempo do programa, necessário para a finalização do produto. O grau de complexidade do processo estabelece o número de passos requeridos para a execução do ciclo de tempo. Assim, os passos necessários para a completa consecução do programa variam desde uma simples etapa a múltiplas etapas ou passos de programa.

Os modernos controladores utilizados em sistemas automatizados são baseados em computadores digitais, que contêm os seus programas em fitas magnéticas, disquetes e discos compactos (CD ROM), memórias de computador e outras formas recentes de tecnologia de armazenagem (GROOVER, 2001).

O programa de instruções representa o *software* que transmite as informações e comandos, originariamente pertencentes ao operador, repetindo cada ciclo de produção sem desvio.

A Tabela 2.5 a seguir apresenta as características dos programas nos ciclos de produção, utilizados para encaminhar as operações de um sistema automatizado.

Características do Programa	Exemplos ou alternativas
Passos do ciclo de produção	Exemplo: típica seqüência de passos: 1) carregar, 2) processar, 3) descarregar.
Parâmetros de processo (<i>inputs</i>)	Alternativas: • Um parâmetro <i>versus</i> múltiplos parâmetros que devem ser alterados durante o passo. • Parâmetros contínuos <i>versus</i> parâmetros discretos. • Parâmetros que se alteram durante o passo: por exemplo, um sistema de posicionamento que altera seu eixo durante o passo de processamento.
Passos manuais no ciclo de produção	Alternativas: • Passos manuais <i>versus</i> nenhum passo manual (ciclo de produção completamente automatizado). Exemplo: • Operador carregando e descarregando uma máquina.
Interação do operador	Alternativas: • Interação do operador <i>versus</i> ciclo de produção completamente automatizado. Exemplo: • Operador ingressa informação de processamento para a peça em execução.
Peça diferente ou modelo de produto	Alternativas: • Peça idêntica ou modelo de produto para cada ciclo (produção em massa ou em batelada) <i>versus</i> peça

	idêntica ou modelo de produto para cada ciclo (automação flexível).
Variações nas unidades iniciais de produção	Exemplos: • Variações nas dimensões iniciais ou características das peças.

Tabela 2.5 – Características dos Ciclos de Produção utilizados em Sistemas Automatizados

FONTE: Groover (2001)

2.5.2.3 - Sistema de Controle

O sistema de controle de um sistema automatizado executa as instruções do programa, cuja função principal é desenvolver as operações de manufatura.

Os controladores de um sistema automatizado podem ser definidos em duas categorias:

- Circuito fechado (*closed loop*) – é aquele onde a variável de saída (*output*) é comparada com a de entrada (*input*) e qualquer diferença entre ambas é utilizada para estabelecer o ajuste do programa.
- Circuito aberto (*open loop*) – é um sistema que consiste de seis elementos: parâmetro de entrada, processo, variável de saída, sensor de retroalimentação, controlador e atuador.

O processo é a operação ou função a ser controlada, que neste caso é a manufatura de produtos.

2.5.2.4 - Tipos de Automação da Manufatura

Os sistemas de manufatura automatizados operam nas fábricas e no produto final. As operações desempenhadas são aquelas tais como: processamento de material, montagem, inspeção ou manuseio de material, e algumas vezes pode acontecer de mais de uma delas ocorrerem no mesmo sistema. São chamadas de automatizadas, pois o nível de participação humana é muito pequeno, se comparado com a manufatura manual. Em casos de automação de sistemas ultra-automatizados, não existe a menor participação humana. (GROOVER, 2001).

Para Copeliovitch (1993), alguns exemplos de sistemas de manufatura automatizados incluem:

- Máquinas-ferramenta para o processamento de peças.
- Linhas de transferência que desempenham uma série de operações de usinagem.
- Sistemas automatizados de montagem.
- Sistemas de manufatura com robôs industriais para processamento ou montagem de peças.
- Manuseio automático de materiais e sistemas de estocagem, para a integração de operações de manufatura.
- Sistemas de inspeção automáticos para controle de qualidade.

Para Groover (2001), os sistemas automatizados de manufatura podem ser classificados em três tipos básicos:

- Automação fixa – é um sistema no qual a seqüência de operações de processamento (ou montagem) é fixa, pela configuração do equipamento. A complexidade do sistema é determinada pela integração ou coordenação de inúmeras operações em um único equipamento. As suas características típicas são: a) alto investimento na customização de equipamentos; b) altas taxas de produção; c) relativamente inflexível na assimilação da variedade de produtos. É utilizada na produção de grandes volumes de produção.
- Automação programável – é definida pelo projeto do equipamento de produção, com capacidade de alterar a seqüência de operações, assimilando diferentes configurações de produto, cuja seqüência de operações é controlada por um programa

(*software*). É utilizada na produção de pequenos e médios volumes de produção. Algumas de suas características são: a) alto investimento em equipamentos de uso geral; b) taxas de produção mais baixas do que a automação fixa; c) flexibilidade para acomodar variações e mudanças na configuração do produto; d) muito recomendada para a produção em bateladas (*batch*).

- Automação flexível – é uma extensão da automação programável. O sistema flexível automatizado é capaz de produzir um grande variedade de peças (ou produtos), sem perda de tempo em trocas de modelos de peças no processo. A sua aplicação se dá em operações de manufatura com suaves alterações de programação de produção e mínimas mudanças nos modelos de peças. Suas características podem ser resumidas nos tópicos a seguir: a) alto investimento na customização de equipamentos; b) produção contínua de vários produtos; c) médias taxas de produção; d) flexibilidade para acomodar variações e mudanças na configuração do produto.

A combinação dos três tipos de automação em relação aos volumes de produção requeridos é apresentada na figura 2.10 a seguir:

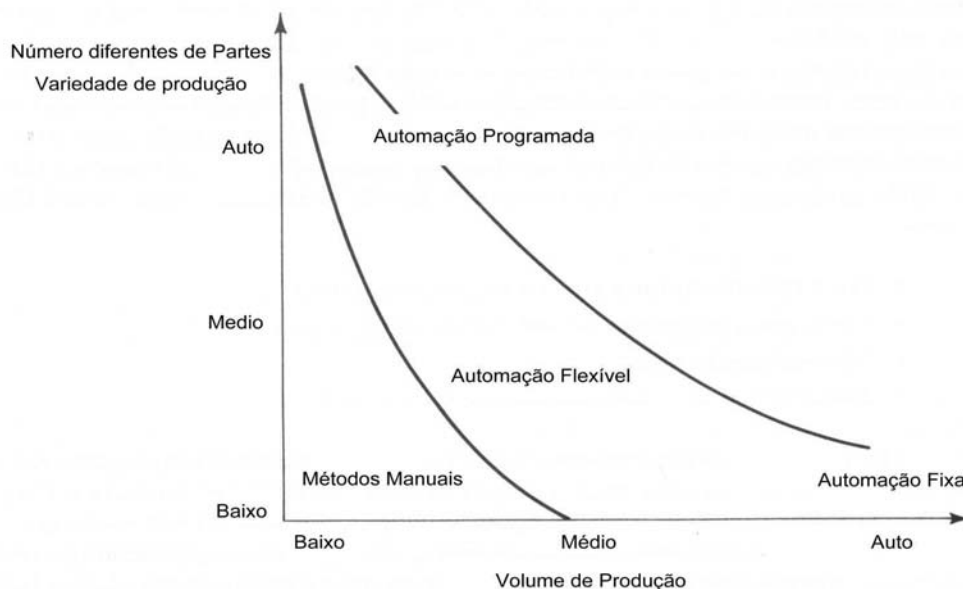


FIGURA 2.10: Três tipos de automação X volume de produção
FONTE: Groover (2001)

2.6 - Níveis de Automação

O conceito de sistemas automatizados pode ser aplicado a vários níveis de operações de uma indústria. Ota (1984)

Para Groover (2001), cinco tipos possíveis de automação podem ser identificados em uma empresa:

- *nível de dispositivo* – o nível mais baixo na hierarquia da automação, que compreende os sensores, atuadores e outros componentes de *hardware* das máquinas; por exemplo, o *loop* do controle de retroalimentação de um dos eixos de uma máquina CNC ou a junta de robô industrial;
- *nível da máquina* – os *hardwares* no nível dos dispositivos são montados para formar um único equipamento, por exemplo, máquinas de usinagem CNC, robôs industriais, correias transportadoras e AGV;
- *nível de célula* – a operação das células de manufatura se dá mediante instruções do nível da planta. As células de manufatura são compostas por grupos de máquinas ou estações de trabalho, conectadas a um sistema de manuseio de materiais, computadores e outros equipamentos de processo. Exemplos dessas funções incluem linhas de produção, despachos de peças, máquinas de carga e descarga de equipamentos e sistemas de avaliação e coleta de dados;
- *nível de planta* – este é o nível de fábrica ou sistema de produção. As informações são recebidas do sistema corporativo e traduzidas para planos de produção. As funções incluídas neste nível são: processamento de ordens, planejamento do processo, controle de inventário, planejamento de materiais, controle do chão de fábrica e controle de qualidade.
- *nível de empresa* – este é o nível mais elevado, que consiste no sistema de informação corporativo. Agrupa todas as funções necessárias para o gerenciamento do *marketing* e vendas, finanças, pesquisa e programação-mestra de produção.

A Figura 2.11 apresenta os diversos níveis de automação propostos por Groover.

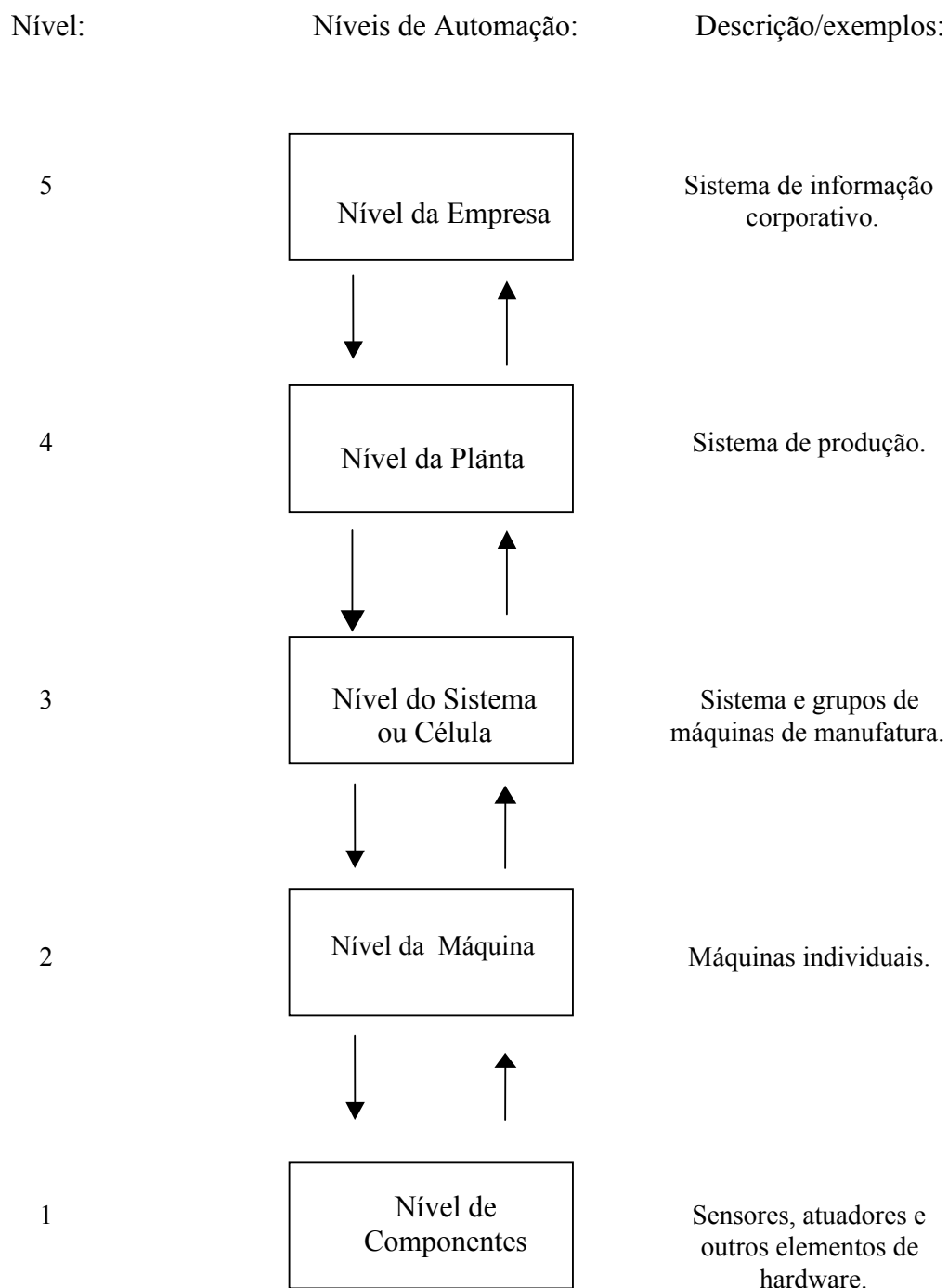


Figura 2.11– Os cinco níveis de automação e controle da manufatura

FONTE: Groover (2001)

2.6.1 - Estratégia de Automação

Nenhuma tecnologia opera totalmente sem a intervenção humana. Em alguma medida, todas necessitam de intervenção humana em alguma parte do processo. As tecnologias de processo variam em seu grau de automação. A relação entre o esforço tecnológico e o esforço humano que ela emprega é, algumas vezes, chamada de intensidade capital (*capital intensity*) da tecnologia de processo (SLACK *et al*, 2002).

A afirmação dos autores estabelece a relação entre a necessidade de se integrarem as operações manuais e as automatizadas em um processo produtivo. O autor cita dois benefícios do grau crescente de automação em tecnologia de processo:

- economiza custos de mão-de-obra direta;
- reduz a variabilidade da operação.

A automação é usualmente justificada pelo primeiro, mas é algumas vezes o segundo benefício o mais significativo (SLACK *et al*, 2002).

Para Groover (2001), a automação não é sempre a resposta certa para determinadas situações de produção. Um certo cuidado e atenção deve ser observado, na aplicação de tecnologias de automação.

Para se buscar uma melhor compreensão dos projetos de automação, Groover propõe três abordagens distintas de estratégias e princípios a nortear a avaliação da aplicabilidade da automação. São elas:

- O princípio dos Estados Unidos da América – USA.
- As Dez Estratégias para a Automação.
- Estratégia de Migração para a Automação.

2.6.1.1 - O Princípio dos USA

O princípio dos USA é apresentado por Groover como senso comum nos projetos de automação. Suas diretrizes são:

- Entender o processo existente.
- Simplificar o processo.
- Automatizar o processo.

a) *Entender o processo existente* – a proposta óbvia do primeiro passo na abordagem do princípio dos USA é o processo existente em todos os seus detalhes. Algumas ferramentas de mapeamento do processo são utilizadas, como mapas de processo e fluxogramas de produção, para analisar e procurar por pontos fortes e pontos fracos no sistema. A combinação de todas as informações identificadas mostrará as variáveis a serem medidas e quais as ações a serem tomadas no controle do processo automatizado.

b) *Simplificar o processo* – uma vez entendido o processo, pode-se então buscar as maneiras para simplificá-lo. Isto freqüentemente envolve um *check-list* das questões sobre o processo existente.

c) *Automatizar o processo* – uma vez o processo tenha sido reduzido à sua forma mais simples, então a automação poderá ser considerada. As formas possíveis de automação são apresentadas na lista das dez estratégias para se automatizar.

2.6.1.2 - As Dez Estratégias para Automação

Se a automação parece ser uma solução viável para o melhoramento da produtividade, qualidade ou qualquer outra medida de desempenho, as dez estratégias a seguir apresentadas fornecerão um mapa para se procurarem os meios para se encontrarem tais resultados (GROOVER, 2001).

As 10 estratégias apresentadas por Groover são aplicáveis tanto para processos automatizados como para sistemas de produção, sejam elegíveis para um programa de automação, sejam apenas de simplificação. São elas:

1. *Especialização da operação* – a primeira estratégia envolve o uso de equipamentos projetados especialmente para desempenhar uma operação com a maior eficácia possível. Este tópico é análogo ao conceito de especialização da mão-de-obra, que é empregada na melhoria da produtividade.

2. *Operações Combinadas* – a produção ocorre como uma seqüência de operações. Peças de maior complexidade podem requerer dúzias ou talvez centenas de passos de processamento. A estratégia de operações combinadas envolve a redução do número de máquinas de produção distintas ou estações de trabalho, através das quais a peça deve passar. Isto é atingido através do desempenho de mais de uma operação em um dado equipamento, assim reduzindo o número de máquinas individuais necessárias. As máquinas em geral requerem *set-up*, deste modo o tempo de *set-up* pode ser eliminado como consequência desta estratégia. O manuseio de materiais, bem como os tempos improdutivos de processo, são reduzidos. O *lead time* de manufatura é reduzido em favor do melhor atendimento ao cliente.

2. *Operações simultâneas* – como uma extensão lógica da estratégia de operações combinadas, devem-se desempenhar simultaneamente as operações que são combinadas em uma estação de trabalho, executar uma ou mais operações de processamento ou montagem, simultaneamente, em uma mesma peça, reduzindo o tempo total de processamento.

3. *Integração das Operações* – outra estratégia a ser aplicada é se conectarem várias estações de trabalho em um único mecanismo integrado, utilizando-se dispositivos automatizados para a transferência de peças entre as estações. O efeito será a redução do número de máquinas através das quais o produto deve ser conduzido. Havendo mais de uma estação de trabalho, diversas peças podem ser processadas simultaneamente, assim elevando o resultado geral do sistema.

4. *Elevada Flexibilidade* – Esta estratégia objetiva atingir a máxima utilização do equipamento por operação, de médio volume, utilizando-se o mesmo equipamento em uma variedade de peças e produtos. Isto envolve o uso de conceitos de automação flexível. O primeiro objetivo é o de reduzir o tempo de *set-up* e programação da máquina de produção. Isto normalmente acarreta um menor *lead time* na manufatura e menos estoque em processo.

5. *Melhoramento do estoque e manuseio de material* – uma grande oportunidade para a redução do tempo improdutivo ocorre com o uso de sistemas automatizados de manuseio de material e estocagem. Os benefícios típicos desta estratégia estão na redução do estoque em processo e diminuição do *lead time* na manufatura.

6. *Inspeção on-line* – a inspeção da qualidade do produto é tradicionalmente realizada após a conclusão do processo. Isto significa que qualquer produto de baixa qualidade já está pronto, quando da sua inspeção. A incorporação da inspeção no processo de manufatura permite correções no processo, concomitantemente com a sua produção. Isto

provoca a redução de refugos e traz a qualidade geral do produto mais perto das especificações de projeto.

7. *Controle do Processo e Otimização* – isto inclui uma ampla lista de esquemas de controle, previstos para operar os processos individuais e equipamentos adicionais, eficazmente. Por esta estratégia, os tempos individuais de processo podem ser reduzidos e a qualidade do produto aprimorada.

8. *Controle da Operação da Planta* – enquanto a estratégia anterior se preocupava com o controle do processo individual da manufatura, esta estratégia se preocupa com o controle no nível da planta. O objetivo é o de gerenciar e coordenar as operações agregadas da planta mais eficientemente. A sua implementação usualmente envolve uma rede de computadores complexa na fábrica.

9. *Computer-integrated Manufacturing (CIM)* – tomando a estratégia anterior para um nível acima, temos a integração das operações da fábrica com o projeto de engenharia e os negócios da empresa. O CIM envolve um extenso uso de computadores, base de dados computadorizada e uma rede computadorizada ao longo da empresa.

As dez estratégias apresentadas constituem um *check-list* das possibilidades de aprimoramento da produção, através da automação ou da simplificação. Elas não devem ser consideradas como mutuamente exclusivas. Na maioria das situações, estratégias múltiplas podem ser implementadas, em um único projeto de melhoramento (GROOVER, 2001).

2.6.1.3 - A Estratégia de Migração para a Automação

A pressão competitiva do mercado faz com que as empresas precisem constantemente introduzir novos produtos no menor espaço de tempo. O modo mais simples e menos dispendioso para se atingir este objetivo é o de se projetar um método manual de produção utilizando-se de uma sequência de estações de trabalho, que operam independentemente. (GROOVER, 2001).

O ferramental para a produção manual pode ser fabricado rapidamente e a um baixo custo. Se mais do que um grupo de estações de trabalho for necessário para se atender à demanda, o que ocorre na maioria das vezes, então a célula manual é replicada tantas vezes quantas forem necessárias, para se atingir a demanda. Se o produto se tornar muito vendável e uma alta demanda de vendas for antecipada, então faz sentido para a companhia automatizar o processo. Os melhoramentos são conduzidos em fases distintas. Muitas companhias têm uma

estratégia de migração para a automação que é um plano formal envolvendo o sistema de manufatura, utilizado para produzir novos produtos com o crescimento da demanda. Uma estratégia de migração para a automação é a seguinte:

Fase 1: Produção Manual, utilizando células individuais operando independentemente. É utilizada para a introdução de um novo produto a um baixo custo e rapidamente iniciada.

Fase 2: Produção Automatizada, utilizando-se células automatizadas simples, operando independentemente. Com o crescimento da demanda pelo produto e tornando-se claro que a automação pode ser justificada, então as estações simples são automatizadas para se reduzir a mão-de-obra e aumentar a taxa de produção. As peças ainda se movimentam entre as estações de trabalho manualmente.

Fase 3: Produção integrada automatizada, usando um sistema automatizado de multi-estações, com operações em série e transferência automatizada das peças entre estações. Quando a empresa estiver certa da produção em massa do produto e por vários anos, a integração da célula individual automatizada tem assegurada a futura redução de mão-de-obra e aumento de produtividade.

As vantagens em se adotar a estratégia de migração para a automação, nas empresas de manufatura bem administradas, incluem:

- Permite que um novo produto seja lançado no menor tempo possível, pois as células baseadas em operações manuais são as mais simples de se projetar e implementar.
- Permite que a automação seja introduzida gradualmente (em fases planejadas), com o crescimento da demanda; mudanças de engenharia no produto são feitas e o tempo permite que se ajustem os parâmetros no sistema de manufatura automatizado.
- Evita que haja um comprometimento com um alto nível de automação desde o início, pois sempre existe o risco de que a demanda do produto não se justifique.

2.7 Automação nos Sistemas de Manufatura e Relações de Trabalho

A Manufatura pode ser definida como a aplicação de processos físicos e químicos, para se alterar a geometria, propriedades e/ou aparência de um material *in natura*, para se fabricar peças ou produtos; manufatura também inclui a junção de múltiplas peças para a fabricação de produtos montados. A manufatura é quase sempre conduzida em uma sequência de operações, em que cada operação sucessiva aproxima o material do seu estado final desejado (GROOVER, 2001).

2.7.1 - As Indústrias de Manufatura e seus Produtos

A Manufatura é uma importante atividade comercial conduzida por empresas que vendem produtos a clientes. O tipo de manufatura desempenhada por uma companhia depende do tipo de produto fabricado (OTA, 1984).

O escopo das indústrias de manufatura é diversificado na natureza das operações produtivas e no âmbito da complexidade dos produtos (COPELIOVITCH, 1993).

As indústrias podem ser classificadas em três categorias, para o autor :

- Primárias – são as indústrias de cultivo e da exploração de recursos naturais, como agricultura e mineração.
- Secundárias – são as indústrias que convertem os *outputs* das indústrias primárias em produtos. A manufatura é a principal atividade desta categoria, mas as indústrias secundárias também incluem a construção civil e geração de energia.
- Terciárias – nesta categoria, estão incluídas as indústrias do setor de serviços da economia.

A indústria automobilística se inclui na segunda categoria, enquadrando-se também na manufatura de produtos discretos. Produtos discretos incluem automóveis, aviões, máquinas, computadores e componentes para a montagem de produtos. As indústrias de processo, que se distinguem das que produzem produtos discretos, incluem produtos químicos, farmacêuticos, petróleo, metais, alimentação, bebidas e geração de energia elétrica.

Em ambos os casos, indústria de processo e indústria de produtos discretos, dois tipos de operações industriais podem ocorrer:

Produção contínua – ocorre quando o equipamento de produção é utilizado exclusivamente para um determinado produto e sua cadência é ininterrupta.

Produção em bateladas (batch) – ocorre quando os materiais são processados em quantidades definidas. A quantidade de material é chamada de batelada, tanto na indústria de processo como na de produtos discretos. A produção por bateladas é descontínua, pois ocorre interrupção entre as bateladas de produção.

As operações de manufatura em uma planta de produtos discretos são compostas por determinadas atividades básicas na fábrica. Essas atividades são:

- operações de montagem e processamento de materiais;
- manuseio de material;
- inspeção e teste;
- controle e coordenação.

As três primeiras atividades são as atividades físicas que “tocam” o produto, enquanto este é fabricado.

Para Groover (2001), algumas limitações às plantas de manufatura devem ser avaliadas. Estas podem incluir:

Capabilidade do processo – grupo de processos para o qual a planta foi projetada (tecnologia envolvida).

Limitações físicas do produto – limitações de tamanho e peso do produto.

Capacidade de produção – a máxima taxa de produção a ser atingida em um determinado período de tempo (e.g. número de peças por turno).

Na adoção de sistemas automatizados, as operações são definidas segundo a rotina de fabricação do produto. A participação dos operadores executando tarefas em sequência definida, para atender a cadência de fabricação e trabalhando segundo o ritmo do equipamento, estabelece o ponto de partida para a análise das relações de trabalho no ambiente da manufatura automatizada.

2.7.2 - As Relações de Trabalho na Manufatura Automatizada

A automação trouxe a Revolução Industrial e esta foi baseada na Mecânica (KUNII, 1997).

Segundo o autor, “podemos ver a automação da manufatura manual como a força dos músculos ou resumidamente a automação da força muscular. Os músculos são controlados pelos nervos. Para uma automação mais sofisticada, entretanto, a automação dos nervos foi necessária. Isto foi realizado pela Mecatrônica, uma palavra cunhada no Japão, significando o controle eletrônico da mecânica, que surgiu acerca de meio século, provocando a segunda

revolução industrial e se propagou pelo mundo em poucas décadas. A Mecatrônica é agora a mais básica e comum tecnologia na automação da manufatura. O que então será a próxima etapa da automação da manufatura neste século? Desde que os nervos são comandados pelo cérebro, a resposta é clara e definitiva. É a automação do cérebro. O cérebro desempenha funções intelectuais e emocionais. A automação do cérebro, entretanto, é a automação intelectual e emocional. A única máquina automatizada, intelectualmente operando, é o computador. Um computador funciona basicamente como um máquina lógica automatizada. Todas as funções intelectuais foram convertidas para funções lógicas dentro de um computador, intelectualmente”. (KUNII, 1997)

Para Groover (2001), mesmo em um sistema de produção altamente automatizado o ser humano será um componente necessário na empresa de manufatura.

A automação, além de oferecer maior número de empregos, exigirá maior qualificação de mão-de-obra. (DRUCKER, 1962)

Para Hayes e Wheelwright (1985), a estratégia mundial da IBM considera algumas áreas da produção, para se atingir uma manufatura competitiva. Entre elas, está a automação da produção, que é de grande valor para se alcançar maior qualidade do produto e projeto do processo, reduzindo também a estrutura de pessoal. Isto significa o gerenciamento da evolução do processo de manufatura de acordo com um plano de longo prazo, assim como a evolução dos produtos.

2.7.2.1 Força de Trabalho Manual nas Fábricas

A longo prazo, a grande ameaça na área de manufatura está relacionada à maior utilização de máquinas automáticas, em substituição à força de trabalho humana. (GROOVER, 2001).

A história da humanidade tem registrado este fato, que se tornou possível através dos avanços tecnológicos aplicados às fábricas. Em paralelo e algumas vezes de maneira a confrontar este aspecto tecnológico, situações da economia de cada local insistem em fornecer argumentos para se justificar o emprego da força de trabalho manual, nas operações de manufatura.

A grande massa de trabalhadores dos países em desenvolvimento, cujos salários são extremamente baixos, cria atrativos para investimentos de empresas em expansão, em detrimento de investimentos em processos tecnologicamente mais avançados e automatizados (LOYOLA, 1999).

Um outro importante fator, que ultimamente tem uma base econômica para justificar a utilização da força de trabalho manual como uma alternativa viável à automação, é o conjunto de atributos do ser humano, relacionados a situações ou tarefas que este executa com vantagens sobre os equipamentos. Esta lista inclui:

- tarefas tecnologicamente complexas para se automatizar;
- ciclo de vida do produto muito curto;
- produtos customizados;
- atender aos altos e baixos da demanda;
- reduz o risco de insucesso do produto.

A Tabela 2.6 a seguir apresenta uma lista de pontos fortes de ambas as situações. Ela inclui:

Pontos Fortes Relativos ao Ser Humano	Pontos Fortes Relativos às Máquinas
- estímulo a sensações - desenvolve novas soluções para problemas - enfrenta problemas abstratos - adaptável a mudanças - atento a observações - aprende com a experiência - toma decisões difíceis baseadas em dados incompletos	- desenvolvem tarefas repetitivas - armazenam grandes quantidades de dados - recuperam dados da memória - desenvolvem várias tarefas simultaneamente - aplicam grande força e potência - desempenham computações simples rapidamente - tomam decisões de rotina rapidamente

Tabela 2.6: Pontos Fortes Ser Humano X Máquinas

FONTE: Loyola (1999)

Uma outra forma de se analisar o tipo de automação consiste em se fazer uma distinção entre a *automação da função* e a *automação do processo* (GOUVÊA, 2003).

A automação da função refere-se à incorporação de acessórios que possibilitem automatizar a operação a ser realizada

A automação do processo refere-se à integração da movimentação da peça em processo, seja dentro de uma célula de manufatura, seja entre células, inclusive armazenagem. As funções de suporte à manufatura podem ter muitas de suas rotinas manuais e tarefas de escritório automatizadas, com o uso de computadores. Certas atividades de planejamento da produção são melhor executadas por computador do que por pessoas. (e.g. MRP – *Material Requirements Planning*) (GROOVER, 2001).

A avaliação de Groover para a utilização do ser humano em tarefas, a despeito de toda forma de automação aplicada em uma indústria, é feita através dos seguintes tipos de trabalho a serem desenvolvidos:

Manutenção de Equipamentos – técnicos capacitados serão necessários para reparar e manter sistemas automatizados.

Operações de Programação de Computadores – existirá uma demanda contínua por atualização de *software*, instalação de novas versões de pacotes de *software* e execução de programas.

Projetos de Engenharia – a fábrica integrada por computador solicitará um permanente trabalho de atualização de programas, projetar ferramentas e encaminhar contínuos projetos de melhoramento.

Gerenciamento da Planta – alguém deverá ser responsável por comandar a fábrica, existirá um grupo de gerenciamento e engenharia responsável pela operação do sistema.

2.7.2.1.1 A Polarização das Qualificações

Para Kaplinski (1984), a automação produzirá uma polarização das qualificações entre os postos de alta tecnologia e postos tradicionais desqualificados.

Schmitz (1988) sustenta a tendência de que, com a automação, tarefas que antes eram executadas por trabalhadores altamente qualificados passam a ser realizadas por trabalhadores com menor qualificação. Tarefas que já tinham sido desqualificadas são extintas com a automação e, principalmente nos setores de programação e manutenção, ocorre um crescimento significativo de qualificação (SCHMITZ, 1988).

Na indústria automobilística, uma desqualificação do coletivo dos trabalhadores decorre da eliminação de postos de trabalho que requeriam maior habilidade e destreza do trabalhador, permanecendo postos onde as tarefas são simples e padronizadas. Por outro lado, houve um acréscimo de exigências de conhecimento formal, de capacidade de abstração e de resolução de problemas (CARVALHO, 1987).

A nova tecnologia altera a composição técnica da classe de trabalhadores. Concomitantemente, ocorre um processo de expropriação do saber dos “antigos operários especializados e privilegiando os profissionais cuja formação básica se dá fora do processo de trabalho (técnicos de nível superior e médio)” (ABRAMO, 1988).

O Conselho de Administração do Escritório Internacional do Trabalho em Genebra, em 1983, realizou uma reunião de especialistas em automação, organização, intensidade e tensão no trabalho. As conseqüências da automação sobre a qualificação do trabalhador foram um dos temas discutidos nessa reunião. Os especialistas concluíram que a automação proporciona uma polarização nas qualificações, ao mesmo tempo em que cria novos postos de trabalho de elevada qualificação, passando também, a nova tecnologia, a exigir menos qualificação de postos de trabalho outrora ocupados por trabalhadores qualificados (LOYOLA, 1999).

Para Slack (1993), dois benefícios do aumento da automação são usualmente citados. Economiza custos de mão-de-obra direta e reduz a variabilidade no sistema de manufatura. A automação é, normalmente, justificada com base no primeiro, porém o ultimo é normalmente o mais significativo. De qualquer modo, vale a pena examinar o tipo de mão-de-obra que pode ser economizado através da automação em qualquer caso particular. A mão-de-obra direta certamente pode ser economizada, mas isso não significa que o efeito líquido seja de economia.

2.8 - Requisitos de Automação no Sistema Enxuto

Para Harris (2001), o Sistema Enxuto de Manufatura é assim chamado, pois a cadência (*takt-time*) com que os materiais fluem é que determina o ritmo que as operações, anteriores ao fluxo de valor, devem obedecer.

A acuracidade com que transcorrem essas operações, determinantes do ritmo, define a forma como se atende à demanda do cliente final. Disfunções no sistema puxado comprometem todo o fluxo de valor, que jamais será *lean* (enxuto) de fato. Serão necessárias mais pessoas, equipamentos e materiais para atender à demanda.

O atendimento à demanda crescente cria a necessidade da tomada de decisão, em que aspectos como aumentar o quadro de pessoal ou se automatizar a linha se apresentam e devem

ser avaliados. Os indicadores de monitoramento do sistema de manufatura auxiliarão nesta tomada de decisão.

O Sistema Toyota de Produção surgiu a partir do desenvolvimento do conceito de "Mecanismos da Função Produção", na fábrica da Toyota Motors, no Japão. O "Mecanismo da Função Produção" foi apresentado pela primeira vez no ano de 1945, num encontro técnico promovido pela Associação Japonesa de Gerenciamento. Este conceito rompeu a visão tradicional proveniente do ambiente industrial taylorista/fordista, no qual os processos e as operações eram percebidos como pertencentes ao mesmo eixo de análise. O argumento é o de que os sistemas de produção constituem-se em uma rede funcional de processos e operações: o processo refere-se ao fluxo de materiais ou serviços no tempo e no espaço, enquanto que a operação refere-se à ativação das pessoas e dos equipamentos disponíveis no tempo e no espaço.

O SPE, na dimensão da organização da produção, pode ser resumido da seguinte forma;

- metodologia de cooperação;
- *just-in-time*;
- produção responsável pela qualidade;
- operadores multifuncionais e auto-inspeção;
- equipes multitarefas;
- automação.

Shingo (1996), formulador deste conceito, demonstra através de pressupostos teóricos que os esforços de melhoria dos Sistemas de Produção devem priorizar permanentemente uma visão de processo.

A teoria que sustenta o Sistema Toyota de Produção baseia-se na priorização das melhorias na função processo, via eliminação contínua e sistemática das perdas nos Sistemas de Produção. O sistema visa, especificamente, eliminar os custos desnecessários ao Sistema de Produção, princípio do "não-custo". Os conceitos e técnicas que formam a base do chamado Sistema Toyota de Produção foram resultado da seguinte sucessão de conclusões:

a) a função processo consiste de "processamento", "inspeção", "transporte" e "estocagem". Somente o processamento agrega valor. As outras funções são perdas que devem ser minimizadas, principalmente a superprodução (estocagem). Surgiu daí o conceito de *Just-in-Time*;

b) a demanda do mercado requer alta diversidade;

c) atender à demanda com alta diversidade requer continuados esforços para executar a produção em pequenos lotes, o que só é possível reduzindo drasticamente os tempos de *set-up*, tempos de trocas de ferramentas e diminuindo as perdas de produção. Destas necessidades, surgiram as técnicas de "Troca Rápida de Ferramentas" e inspeção "Zero Defeitos (100%)";

d) os ciclos de produção também têm de ser reduzidos. Fluxos unitários de peças devem ser adotados e fluxos de produção interligados e coerentes, do processamento à montagem, devem ser construídos. A técnica "Kanban" surgiu para atender a estas necessidades.

A idéia de que Sistemas Enxutos (Lean) requerem operações manuais, cabendo aos operadores as tarefas de abastecer as máquinas, operar o ciclo, retirar a peça e passá-la adiante, predomina na cultura industrial, pode ser um grande engano. (HARRIS, 2003).

Segundo o autor, “para haver fluidez e eficiência no *pull system*, o fluxo de valor, elemento indispensável para uma bem sucedida conversão enxuta, é praticamente impossível sem um certo nível mínimo de automação.

Para o autor, a decisão mais acertada está em se determinar o nível ideal de automação mais adequado no processo de manufatura, entre os cinco níveis existentes. Neste caso, a manutenção não consumirá recursos injustificáveis. Isso facilitará a tomada de decisão e permitirá que 95 a 100% de tempo de utilização, requerido pelo processo, sejam atingidos.

Dentro das cinco possibilidades relacionadas a níveis de automação, poder-se-á contar com essa confiabilidade sólida posicionando-se próximo daquilo que o Lean Enterprise Institute, chama de Automação em 3º Nível (HARRIS, 2003).

Esse nível fornece a mais eficiente e flexível combinação entre os movimentos do operador e dos materiais.

A Figura 2.12 apresenta a tabela de níveis de automação e a correlação com quatro aspectos do processo de manufatura.

Nível de automação					
		<i>Carga de Máquina</i>	<i>Ciclo de Máquina</i>	<i>Descarga de Máquina</i>	<i>Transferência de Peças.</i>
N Í V E L	1	Operador	Operador	Operador	Operador
	2	Operador	<i>Auto</i>	Operador	Operador
	3	Operador	<i>Auto</i>	<i>Auto</i>	Operador
	<i>A Grande Divisão</i>				
	4	<i>Auto</i>	<i>Auto</i>	<i>Auto</i>	Operador
	5	<i>Auto</i>	<i>Auto</i>	<i>Auto</i>	<i>Auto</i>

Figura 2.12 – Tabela de Níveis de Automação.

Fonte: Harris (2003) – Criando Fluxo Contínuo

Estes cinco níveis de automação são descritos a seguir:

1. Nível 1 – o operador abastece a máquina, opera o ciclo, retira a peça e transfere-a para a estação de trabalho subsequente.
2. Nível 2 – os operadores abastecem a máquina, cujo ciclo é automático, retiram a peça pronta e a transferem manualmente para o processo seguinte.
3. Nível 3 – otimiza o fluxo através do processo “puxa”, fazendo uso da automação para que as peças sejam ejetadas automaticamente ao final do ciclo.
4. Nível 4 – a máquina é carregada e descarregada automaticamente.
5. Nível 5 – o processo todo é automatizado

2.9 O PAPEL ESTRATÉGICO DA MANUFATURA A

O reconhecimento da contribuição da área de manufatura para o desempenho estratégico de uma empresa teve início no final dos anos de 1960, quando Skinner (1969) sugeriu que o principal benefício da estratégia de manufatura é identificar os meios, para a focalização da alta administração da empresa, nas questões que envolvem a manufatura. Segundo o autor, a estratégia de manufatura deve servir de base para melhorar o gerenciamento das empresas industriais.

A maneira de se alcançar esse objetivo, conforme Skinner (1969), seria a mudança de abordagem no gerenciamento da manufatura, tradicionalmente focada na obtenção de baixos custos de produção e altas taxas de eficiência. Administrada com estilo “de baixo para cima”, no melhor do estilo “taylorista”, volta-se para a racionalização dos elementos individuais de produção, sem a preocupação com a estratégia do negócio.

Eficiência em custo e nos índices de utilização de máquinas não são mais as únicas contribuições que a manufatura pode dar a uma organização. Atualmente, a concorrência entre os mercados se dá com base também em outros critérios, como, por exemplo: produtos livres de defeitos e confiáveis, adequação dos produtos à qualidade desejada pelos clientes, pontualidade nos prazos combinados, velocidade de atendimento de pedidos, cumprimento de pedidos com lotes menores e maior frequência de entrega, flexibilidade para atender a fabricação diversificada de produtos, etc. (CORRÊA e GIANESI, 1993).

A maior prova desta mudança é a agressiva participação do Japão e demais países orientais - os chamados "Tigres Asiáticos" - no cenário manufatureiro mundial, onde reinavam absolutos países como EUA, Inglaterra e Alemanha. Apesar de o sucesso das empresas japonesas ter sido inicialmente atribuído a seus baixos custos de mão-de-obra, é notório que os produtos japoneses passaram a destacar-se porque iniciaram uma competição não apenas com custos mais eficientes, mas também com superior qualidade e confiabilidade, assim como melhor resposta às necessidades e oportunidades do mercado.

Como exemplo, em 1989, época em que foi publicado o original da obra de Shingo (1996) com o título *A study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*, um veículo "Celica", personalizado e comprado por encomenda especial na Toyota, estava pronto para entrega em 10 dias. O tempo entre a colocação do pedido pelo vendedor na fábrica e a inclusão da solicitação junto à planta de montagem era de apenas 6

dias. O carro era produzido no prazo de 2 dias e havia uma margem adicional de 2 dias de segurança. Para os modelos *standard*, a entrega era imediata.

O que mudou a mentalidade das fábricas japonesas foi " a conscientização de que a manufatura pode ser uma importantíssima arma competitiva desde que bem equipada e administrada, isto é, considerando a produção de forma compatível com sua importância", e ainda "... a manufatura já não pode ser encarada como um 'mal necessário' ... , mas como um setor que tem, como nenhum outro, o potencial de criar vantagem competitiva sustentada através do atingimento de excelência em suas práticas". O papel estratégico que a função manufatura deve ter na competitividade da organização como um todo e o conceito do uso da manufatura como um ativo estratégico não pode ser mais negligenciado pelos administradores que querem sobreviver na atual realidade competitiva (CORRÊA; GIANESI, 1993).

2.9.1 ESTRATÉGIA DA ORGANIZAÇÃO E DA MANUFATURA

Segundo Porter (1990), o Planejamento Estratégico é "em essência o desenvolvimento de uma fórmula ampla para o modo como uma empresa irá competir, quais deveriam ser as suas metas e quais as políticas necessárias para levar-se a cabo estas metas". O Planejamento Estratégico está relacionado, assim, à análise do ambiente de concorrência em que a organização atua e a uma projeção de como a organização deverá atuar no futuro (visão de futuro), para manter-se competitiva. É o desenvolvimento de uma estratégia competitiva corporativa que guiará as ações da organização para alcançar esta visão de futuro.

Para Falconi (1992), o processo de Planejamento Estratégico da organização deve necessariamente incluir:

a) plano de longo prazo (5 a 10 anos), onde se encontram definidas as estratégias (meios) para se atingir a Visão de Futuro (fins) da empresa. Estas estratégias objetivam trazer mudanças estruturais para o negócio;

b) plano de médio prazo (3 anos), em que são estabelecidas metas em consonância com as estratégias do plano de longo prazo e feitas projeções financeiras que suportem as medidas para o atingimento dessas metas;

c) plano anual, que carrega o detalhamento do primeiro ano dos planos de longo e médio prazo, com metas concretas e respectivos planos de ação, bem como o orçamento anual para implementá-los.

Na visão de Falconi (1992), as estratégias são formuladas no plano de longo prazo e implementadas no decorrer dos anos. Portanto, o plano de longo prazo é o documento que ilumina os planos de médio prazo e anual, apontando-lhes a "direção a seguir".

Por sua vez, (CORREA e GIANESI, 1993) afirmam ser desejável que o processo de desenvolvimento de estratégias possua as características abaixo:

- a) deve ser explícito;
- b) deve ser transmitido para toda a organização;
- c) deve ser um processo interativo baseado em negociações internas, as quais devem ocorrer com base em critérios que reflitam os serviços e produtos que uns prestam aos outros, sempre considerando a filosofia de cliente-fornecedor interno e procurando soluções que acomodem o universo viável de todos os setores;
- d) deve permitir o replanejamento sempre que eventos relevantes modificarem o meio no qual está inserida a organização e afetarem a sua situação competitiva.

A estratégia de manufatura, definida de acordo com as orientações estabelecidas pela estratégia corporativa da organização, é a maneira pela qual a área de manufatura pretende contribuir para o alcance dos objetivos finais da organização (SLACK *et al*, 2002).

A Figura 2.13, abaixo, demonstra a relação entre a estratégia corporativa e a estratégia de manufatura. O planejamento estratégico deve definir a estratégia da organização ou estratégia corporativa, sendo ela a "mola mestra" que orientará a formulação das estratégias específicas de todas as áreas da organização.



Figura 2.13 - Relação Hierárquica da Estratégia Corporativa e de Manufatura

Fonte: adaptado de Slack *et al* (2002)

2.9.2 CONCEITO DE ESTRATÉGIA DE MANUFATURA

Reunindo a visão de vários autores, Corrêa e Giansesi (1993) chegaram à seguinte definição de estratégia de manufatura:

“Estratégia de manufatura pode ser definida como um quadro de referência com o objetivo central de aumentar a competitividade da organização, de forma sustentada, contemplando curto, médio e longo prazo, através da organização dos recursos de produção e da construção de um padrão de decisões coerente de modo a permitir que o sistema produtivo e, por conseguinte, a organização, atinja um ‘mix’ desejado de desempenho nos vários critérios competitivos”.

A Estratégia de Manufatura não poderia deixar de abranger os três aspectos a seguir:

- a) "como" a organização compete e "em quê" pretende ser competente (*em quais dimensões a organização compete*);
- b) quais são os *fatores críticos de sucesso* que levam a manufatura a atingir a excelência nas dimensões em que a organização compete;
- c) forma de organização dos recursos de produção e definição das diretrizes a serem seguidas, para alcance do nível de desempenho desejado nos *fatores críticos de sucesso*.

Para Slack *et al.* (2002), o conteúdo da Estratégia de Manufatura é que nos revela a importância relativa dos objetivos de desempenho previstos para a produção, além de trazer a orientação geral que deve nortear a tomada de decisão na produção, formulando diversas estratégias de projeto (estrutura), de planejamento e controle da produção e de melhoria contínua.

Quando as decisões dentro da manufatura são tomadas de forma coerente com a estratégia de manufatura, por certo a produção caminha num ambiente onde os esforços são encaminhados de maneira a se obter excelência no que realmente importa para o cliente, e, em última análise, para a própria organização.

2.9.3 CONTEÚDO BÁSICO DA ESTRATÉGIA DE MANUFATURA

Para Platts (1993), “há cinco prioridades competitivas, baseadas nas quais a manufatura pode contribuir para a competitividade da organização”:

- a) para as organizações que competem no *preço*, a manufatura deve produzir gastando menos que os concorrentes, obtendo vantagem em *CUSTOS*;
- b) para as organizações que competem com *superioridade de seus produtos no atendimento das necessidades do cliente*, a manufatura deve fabricar produtos melhores que os dos concorrentes, obtendo vantagem em *QUALIDADE*;
- c) para as organizações que competem na *rapidez de resposta aos pedidos*, a manufatura deve produzir mais rápido que os concorrentes, obtendo vantagem em *VELOCIDADE DE ENTREGA*;
- d) para as organizações que competem na *confiança de entrega*, a manufatura deve entregar os produtos no prazo prometido, obtendo vantagem em *CONFIABILIDADE DE ENTREGA*;
- e) para as organizações que competem na *diversidade de produtos*, a manufatura deve ser capaz de mudar muito e rápido o que está fazendo, obtendo assim vantagem em *FLEXIBILIDADE*.

A bibliografia aponta algumas variações quanto à denominação dessas prioridades, sendo que algumas vezes elas também são chamadas de "dimensões competitivas" ou "missões da produção". Por outro lado, quanto à classificação das prioridades, alguns autores referem-se à velocidade de entrega e à confiabilidade de entrega como sendo uma única

dimensão competitiva, ou seja, a dimensão "desempenho das entregas", enquanto que outros autores acrescentam, ainda, mais uma dimensão, chamada de "inovatividade".

Neste trabalho, optamos por denominar as prioridades de "dimensões competitivas" e classificá-las em : custo, qualidade, flexibilidade, velocidade de entrega e confiabilidade de entrega. Vejamos, uma a uma, as dimensões competitivas referidas:

a) Custo: na verdade, os custos sempre terão relevância na manufatura, pois custos baixos possibilitam preços baixos, o que aumenta a competitividade dos produtos no mercado. Além disto, nas empresas que já têm preços competitivos, a redução de custos nem sempre é repassada aos preços, gerando aumento da margem de lucro. O aumento do lucro pode ser distribuído aos acionistas ou retornar na forma de novos investimentos, gerando possibilidade de melhorias nos processos. Cria-se, assim, um círculo que permite a busca constante de redução de custos e o conseqüente aumento da lucratividade da empresa.

b) Qualidade: a visão atual de qualidade extrapola os aspectos relativos a produto e processo, e envolve diversos conceitos ligados à satisfação dos clientes. A *Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade*, baseada na NBR ISO 8052, dá uma definição concisa de qualidade: "Totalidade das características de uma organização, atividade, processo ou produto de satisfazer as necessidades explícitas ou implícitas". Historicamente, as empresas não se preocupavam diretamente com a busca da qualidade e melhoria dos processos na área de manufatura; a postura era passiva, importando-se apenas com a identificação dos índices de rejeição por defeito em produtos acabados, bem como a inspeção de matérias-primas. A preocupação era se evitarem paradas de produção, comprando insumos e produzindo acima da quantidade estritamente necessária, de maneira que o excesso de estoque cobrisse as perdas e refugos por má-qualidade. Nos últimos tempos, tem-se evoluído para uma postura bem mais pró-ativa quanto ao critério qualidade, principalmente pela redução de estoque intermediário entre processos, eliminando uma tradicional válvula de segurança contra ineficiências. É comum que, a cada redução do nível de estoque, sejam evidenciadas fortes deficiências nos processos; sem estoque de segurança para acobertá-las, estas devem ser obrigatoriamente sanadas, a fim de se evitarem prejuízos com paradas das máquinas, instaurando-se assim um processo contínuo de melhorias que gera benefícios, tanto para a empresa como para os clientes.

c) Flexibilidade: é a capacidade do Sistema de Produção de adaptar-se rapidamente às mudanças de ambiente. Estas mudanças podem ocorrer seja na demanda, no fornecimento, no processo produtivo, na tecnologia empregada, nos roteiros de produção, seja em outros elementos que compõem o ambiente da manufatura. Para Rosa, a dimensão flexibilidade também está intimamente ligada à definição de "inovação", pois ambas referem-se à habilidade de fazer mudanças e de usar a criatividade para melhorar métodos e processos.

d) Velocidade de Entrega: a rapidez na entrega vem-se tornando cada vez mais um critério decisivo na conquista de clientes e mercados. Atualmente, muitos clientes estão dispostos até a pagar um "prêmio", definido por um preço maior, para terem seus pedidos entregues com a maior velocidade possível. Velocidade de entrega traz benefícios não só para os clientes (benefícios externos) como também para a empresa fornecedora (benefícios internos). Para os clientes, quanto menor o tempo entre a colocação do pedido e o recebimento do material, maior será o tempo possível de postergação da decisão de compra. Internamente, velocidade de entrega se traduz em benefícios, devido ao aumento da velocidade do fluxo de materiais entre os processos, pois material que passa rápido pelos processos gera menores custos.

e) Confiabilidade de entrega: frente à tendência das empresas de reduzirem estoques, aumentam os riscos de parada das linhas de produção devido a atrasos no recebimento de insumos dos fornecedores. Portanto, na medida em que as fábricas se tornam mais dependentes da matéria-prima fornecida no tempo certo, a garantia de que as encomendas serão recebidas nos prazos combinados (confiabilidade de entrega) torna-se de grande valor na escolha dos seus fornecedores.

2.9.4 FORMULAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE MANUFATURA

A formulação da estratégia de manufatura passa necessariamente por duas decisões fundamentais: a) a definição das dimensões competitivas nas quais a manufatura irá buscar a excelência; e b) a identificação dos atributos (*fatores*) do Sistema de Produção de maior "peso" (*críticos*) para atingir a excelência (*sucesso*) nas dimensões escolhidas - *fatores críticos de sucesso* (OSTRENGA *et al* 1993).

2.9.4.1 - Definição das dimensões competitivas

A questão da eventual existência de incompatibilidades entre as dimensões competitivas tem sido bastante discutida, atualmente. Tem sido questionado, por exemplo, se é possível conciliar a estratégia de destacar os produtos pela excelência em qualidade e, ao mesmo tempo, conseguir custos mais baixos do que os concorrentes. Ou, se é possível centrar esforços na flexibilidade sem perder eficiência em velocidade e confiabilidade de entrega.

Parece que ainda não há consenso sobre este assunto, porém, uma pesquisa realizada em empresas européias demonstra que, elegendo-se prioridades gradativamente, é possível obter-se um bom desempenho em todas as dimensões. Esta abordagem é de Ferdows e De Meyer (1990), que propõem um modelo acumulativo das prioridades, fazendo uma analogia com um cone de areia (*sandcone model*). Neste modelo, a empresa trabalha com as prioridades de *modo gradativo*, sendo que cada prioridade é adotada somente após outras prioridades estarem com seus resultados de desempenho "sedimentados".

Uma outra abordagem, segundo Hill (1985), é quanto à observação dos critérios competitivos da empresa e sua classificação em critérios "qualificadores" e critérios "ganhadores de pedidos".

Os critérios **qualificadores** são "aqueles nos quais a empresa deve atingir um nível mínimo de desempenho que vai qualificá-la a competir por um mercado. Um nível de desempenho inferior ao nível mínimo desqualifica a empresa da concorrência por aquele mercado, mas um nível muito superior ao mínimo não representa necessariamente vantagem competitiva".

Os critérios **ganhadores de pedido** são "aqueles com base nos quais o cliente vai decidir quem vai ser seu fornecedor entre aqueles qualificados". Estes critérios estão ligados a

um conceito-chave do raciocínio estratégico, que é a "área de excelência". Para Martinez, a área de excelência "é uma habilidade ou aptidão definitiva que uma empresa cultiva em um grau maior do que qualquer outra coisa e a um nível mais alto do que qualquer outro competidor".

Exemplificando, podemos citar o caso de uma empresa que fornece parafusos para uma determinada montadora de veículos. A montadora provavelmente estipula um "padrão" de resistência dos parafusos, o qual considera suficiente para evitar o risco de quebra e que deve ser rigorosamente seguido por seus fornecedores (neste caso, a resistência dos parafusos é um *critério qualificador* que está na dimensão *qualidade*). Desta maneira, se a empresa fornecedora oferecer parafusos com uma resistência acima do padrão, certamente isto não resultará em mais pedidos da montadora. Porém, talvez novos pedidos possam ser conseguidos se a empresa fornecedora reduzir o custo dos parafusos e diminuir seus preços, ou, de outro modo, diminuir seu prazo de entrega (neste caso, preço baixo e *lead-time* curto são critérios ganhadores de pedido e estão, respectivamente, nas dimensões custo e velocidade de entrega).

Esta distinção entre critérios qualificadores e ganhadores de pedido é muito importante para a formulação da estratégia de manufatura, pois orienta a escolha das "dimensões competitivas" para aquelas dimensões em que o cliente efetivamente baseia sua opção de fornecimento. Com isto, certamente se evitarão "esforços em vão", tentando desnecessária e equivocadamente aumentar o nível de desempenho em dimensões ligadas aos critérios qualificadores, que não são determinantes do incremento das vendas (Neely *et al* 1993).

2.10 OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

Entre as dimensões custo, qualidade, flexibilidade, confiabilidade de entrega e velocidade de entrega, uma vez escolhidas quais serão as dimensões competitivas da manufatura, a empresa deve identificar os *atributos* do Sistema de Produção que são vitais para a manufatura atingir um *status* de excelência nestas dimensões.

Ostrenga *et al* (1993) chamam estes atributos de fatores críticos de sucesso - FCS, isto é, "atributos que uma empresa precisa possuir, ou as ações que precisa desempenhar especialmente bem, para sobreviver e prosperar".

Segundo o autor, uma técnica para identificar os *fatores críticos de sucesso* é fazer as seguintes perguntas: a) "Quando nosso desempenho foi muito bem-sucedido, o que especificamente estávamos fazendo extremamente bem?"; b) "Quando nosso desempenho foi fraco, o que especificamente estávamos fazendo mal?".

Segundo Thompson (1993), há, basicamente, quatro maneiras de se estabelecer uma vantagem competitiva:

- Identificar os fatores críticos de sucesso do negócio, concentrando os recursos em um segmento em particular, que represente uma oportunidade para criar uma vantagem competitiva significativa, em relação aos competidores.
- Explorar qualquer área do negócio na qual a empresa se identifique, com relativa superioridade. Isso pode ocorrer utilizando-se o desempenho da empresa em desenvolvimento de produtos, rede de distribuição, qualidade, custo, confiabilidade, velocidade de entrega, serviços.
- Agir sobre os fatores críticos de sucesso, desafiando as suposições aceitas, como condição relativa do negócio para a condição de fatores de negócio administráveis e controláveis.
- Inovar no desenvolvimento de novos produtos e novos mercados.

Segundo Rockart (1979), Fatores Críticos de Sucesso - FCS são, para qualquer negócio, um número limitado de atividades, na qual os resultados, se forem satisfatórios, assegurarão o desempenho competitivo desejado para a organização. São as poucas atividades-chave que têm que acontecer de maneira correta, para o negócio prosperar.

Identificados os fatores críticos de sucesso, deve-se determinar qual o nível de desempenho a ser atingido respectivamente em cada fator. Sendo assim, os FCS, somados aos níveis de desempenho, irão se constituir nos objetivos estratégicos do Sistema de Produção (MUSCAT e FLEURY, 1993).

Na dimensão competitiva qualidade, uma empresa pode definir como fatores críticos de sucesso: baixo índice de produtos não-conformes às especificações-padrão; alto percentual de padronização das principais atividades de produção; manutenção de fornecedores confiáveis quanto à qualidade dos insumos enviados. Já na dimensão custo, pode definir como FCS: manutenção de volumes altos de produção; baixos índices de refugos; produção própria de alguns insumos (integração vertical). Finalmente, para a dimensão flexibilidade, pode definir como FCS: desenvolver novos produtos únicos e inovativos; alteração rápida do *mix* de produção; e tempo reduzido para iniciar a produção, em escala, de protótipos aprovados (PINTO e PIRES, 1997).

A Figura 2.14 apresenta uma adaptação dos conceitos acima.

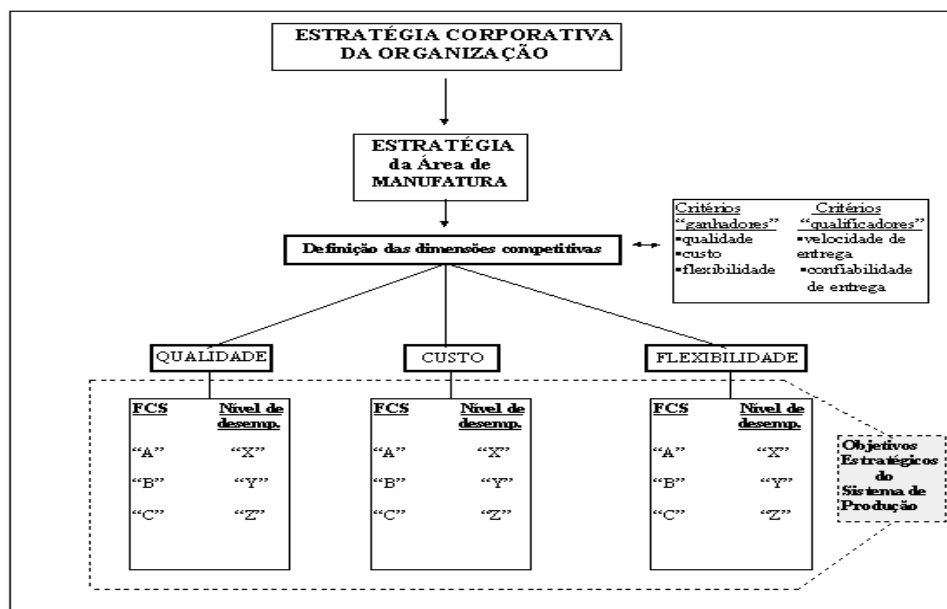


Figura 2.14 - Definição dos objetivos estratégicos do Sistema de Produção de uma empresa cuja estratégia de manufatura está centrada em *qualidade, custo e flexibilidade*.

FONTE: adaptado de Pinto e Pires (1997)

Uma vez estabelecidos os objetivos estratégicos do Sistema de Produção (FCS mais níveis de desempenho), a empresa deve tomar as decisões relativas à organização e capacitação do Sistema de Produção para atingir esses objetivos. Estas decisões, segundo Slack *et. al.*, (2002) referem-se à estratégia de "Projeto" (estrutura), do "Planejamento e Controle da Produção", e da "Melhoria Contínua" das operações.

2.11 SISTEMA DE MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Para melhor entendermos a importância de um Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho é necessário, primeiramente, visualizar o modo como este sistema se encaixa no processo de planejamento estratégico da manufatura de uma organização.

A estratégia de manufatura deve definir as dimensões competitivas da área de manufatura. Uma vez definidas essas dimensões, devem ser identificados os *fatores críticos de sucesso* e estabelecido o nível de desempenho a ser atingido em cada *fator*. Conseqüentemente, cada *fator*, juntamente com seu nível de desempenho requerido, passa a se constituir num *objetivo estratégico* do Sistema de Produção.

Até este ponto, no entanto, a organização ainda não tem segurança de que seu Sistema de Produção esteja realmente orientado para o alcance dos seus *objetivos estratégicos* (FCS mais nível de desempenho), e que os FCS definidos irão realmente levar a empresa a obter excelência nas dimensões competitivas da sua estratégia de manufatura.

O Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho surge, então, como uma seqüência natural do processo de planejamento estratégico da manufatura, tendo como finalidade realimentar este processo através da coleta de dados e construção de indicadores de desempenho. É pela análise dos resultados de desempenho obtidos nos FCS, medidos pelos indicadores de desempenho, que a organização busca sintonizar seu Sistema de Produção com sua estratégia de manufatura.

Conforme a Figura 2.15, a seguir, Lewis (1993) demonstra que os FCS podem, ainda, ser desdobrados de forma hierárquica em funções/processos críticos e, finalmente, em atividades críticas, os quais também podem ser objeto de medição.

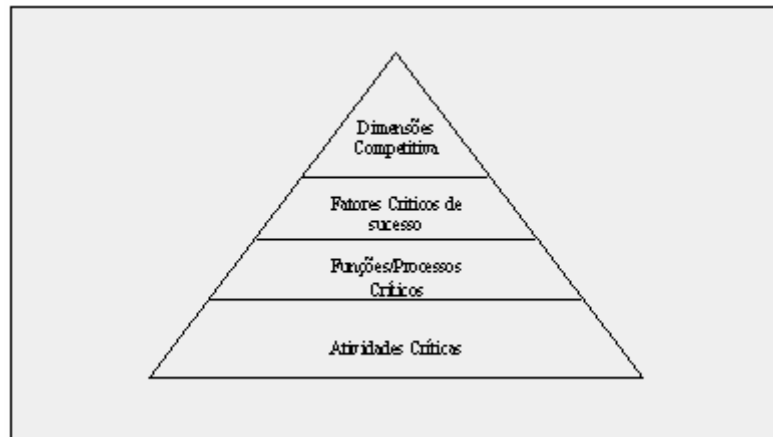


Figura 2.15 – Desdobramento hierárquico de medidas

FONTE: Lewis (1993)

Sendo assim, este sistema deve ser capaz de apoiar as seguintes decisões: a) correção de rumo do conjunto de atividades do Sistema de Produção, caso o nível de desempenho desejado nos *FCS* não estejam sendo atingidos; e b) redefinição, quando necessário, dos níveis de desempenho e dos *FCS*.

Um modo de verificar se o Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho é capaz de gerar as informações que suportem estas decisões é identificar se existe um alinhamento entre os indicadores de desempenho e os *fatores críticos de sucesso*. Conforme proposto por Ostrenga *et al.* (1993), este exercício consiste em relacionar, para cada *fator crítico*, os indicadores de desempenho das atividades que o apóiam. Segundo o autor, com este exercício é possível descobrir quais os *fatores* que não estão adequadamente apoiados por medidas e quais medidas existentes não apóiam nenhum dos *fatores de sucesso* da empresa.

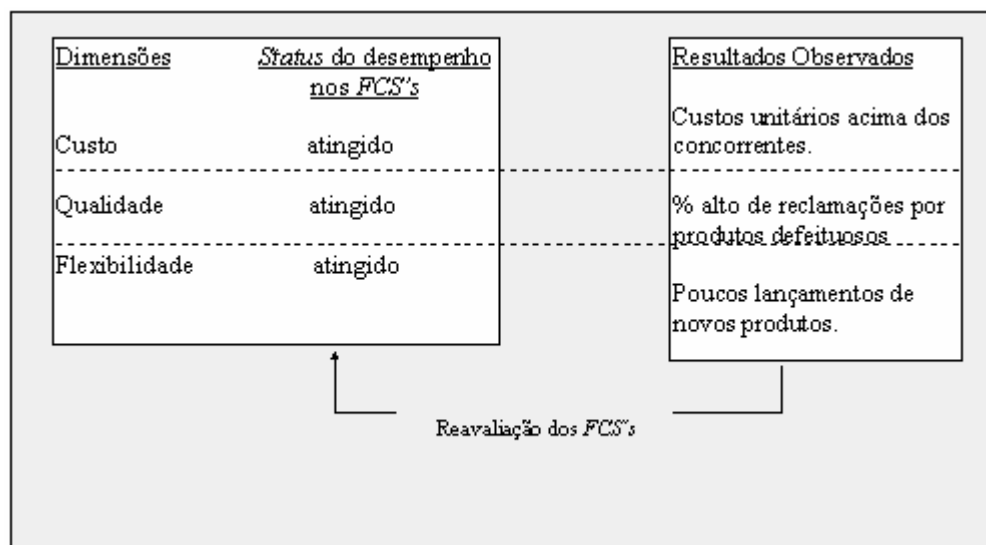


Figura 2.16 - Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho x Reavaliação da Estratégia de Manufatura.

FONTE: Lewis (1993)

A Figura 2.16, acima, exemplifica a situação de uma empresa onde os níveis de desempenho dos *fatores críticos de sucesso* estão sendo alcançados, porém, paralelamente a empresa não está atingindo o posicionamento desejado no mercado. Desta maneira, é necessário rever tanto se os níveis de desempenho determinados para os *FCS* são suficientes, quanto se os *FCS* definidos são realmente os mais importantes para levar a empresa a atingir a excelência nas suas dimensões competitivas.

2.11.1 - CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE MEDIÇÃO E DESEMPENHO

Para cumprir com sua finalidade, o Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho deve exercer papéis básicos, que, para Ostrenga *et al.* (1993) este sistema deve permitir à gerência monitorar a empresa, indicando quais aspectos necessitam mais atenção; deve funcionar como elemento de comunicação, lembrando às pessoas aquilo que é importante atingir; deve refletir o espírito de melhoramento contínuo, comparando os resultados ao longo do tempo; e deve, também, servir de base para os sistemas de premiação da empresa.

O autor também enfatiza a necessidade de equilíbrio e integração entre as *medidas financeiras e não-financeiras* a serem utilizadas como indicadores de desempenho dos FCS. Segundo o autor, as *medidas não-financeiras*, isto é, aquelas baseadas em medições operacionais (consumo, tempo, prazo, etc...), são necessárias, pois os níveis inferiores da organização, freqüentemente, não compreendem ou não conseguem se relacionar com as tradicionais *medidas-financeiras* (lucro, custo unitário, rentabilidade, etc...).

Segundo Pinto e Pires (1997), é importante que o sistema estabeleça "prioridades competitivas", as quais permitam agrupar e classificar os indicadores de forma a se obter um sistema de estrutura consistente. Uma proposta de classificação foi elaborada por White, que identificou cinco prioridades nas quais devem ser agrupados os indicadores: custo, qualidade, flexibilidade, confiabilidade de entrega e velocidade de entrega.

Neely *et al.*, (1994) também agrupam os indicadores nessas mesmas dimensões competitivas, porém juntam as dimensões confiabilidade e flexibilidade de entrega em uma única dimensão tempo.

Um exemplo de alguns indicadores pesquisados pelo autor está na Tabela 2.7, a seguir.

<u>Tempo</u>	<u>Qualidade</u>	<u>Custo</u>	<u>Flexibilidade</u>
<i>Lead time</i> da produção	Desempenho	Custo de produção	Qualidade dos materiais
<i>Lead time</i> da entrega	Características	Valor agregado	Qualidade da produção
Entregas no prazo	Confiabilidade	Preço de venda	Introdução de novos produtos
Frequência de entregas	Conformidade	Custo de manutenção	Alteração no produto
	Durabilidade		Entregabilidade
	Manutenção		Volume
	Estética		<i>Mix</i>
	Humanidade		<i>Mix</i> dos recursos

Tabela 2.7 - As múltiplas dimensões: tempo, qualidade, custo e flexibilidade.

FONTE: Neely *et al* (1994)

A tabela anterior mostra exemplos de indicadores de desempenho que podem ser utilizados para medir fatores críticos de sucesso nas dimensões tempo, qualidade, custo e flexibilidade. Por exemplo, na dimensão tempo, o FCS "atendimento rápido de pedidos" pode ser acompanhado pelos indicadores "*lead time* da produção" e "*lead time* da entrega"; já na dimensão qualidade, o FCS "segurança do produto" pode ser medido pelos indicadores "confiabilidade" e "durabilidade", e o FCS "apresentação do produto" pelo indicador "estética" (performance quanto ao design). Desta maneira, as atividades do Sistema de Produção devem ser gerenciadas para gerarem os resultados esperados nestes indicadores de desempenho.

Finalmente, é fundamental que um Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho realmente o processo de Planejamento Estratégico com informações confiáveis, ou seja, que se evitem erros na apuração de dados e cálculos de indicadores.

Sem informações consistentes, torna-se difícil, se não impossível, avaliar se as atividades do Sistema Produtivo estão corretamente orientadas para o alcance dos níveis de desempenho desejados nos *FCS*.

2.11.2 - Requisitos Importantes

Como foi demonstrado, fica claro que, para a organização ser competitiva, não basta, apenas, o estabelecimento de uma Estratégia de Manufatura. Se a organização não possuir um Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho confiável, informações importantes poderão não chegar à gerência, ou poderão chegar de maneira distorcida, prejudicando o gerenciamento estratégico da administração da produção. O Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho deve estar em perfeita sintonia com a estratégia de manufatura e indicar, de maneira confiável, se os *objetivos* propostos estão ou não sendo atingidos. Para responder a estas necessidades, devemos avaliar se cumpre com os requisitos abaixo:

- a) existe uma metodologia, clara e bem definida, de coleta de dados e cálculo dos indicadores de desempenho;
- b) para cada fator crítico de sucesso, há um conjunto de indicadores diretamente relacionados e que permitam medir o seu nível de desempenho;
- c) o sistema permite à gerência identificar as atividades às quais deve ser dada prioridade;
- d) o sistema funciona como elemento de comunicação, sinalizando às pessoas sobre aquilo que é importante atingir.
- e) serve como base para o sistema de premiação da empresa.

2.11.3 - ELEMENTOS DE GERENCIAMENTO

Uma vez que a estratégia de manufatura define a orientação estratégica do Sistema de Produção, isto é, os objetivos que este deve alcançar, podemos afirmar que o Sistema de PCP e o Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho têm uma relação de complementaridade. Assim sendo, a estratégia corresponderia a uma fase de "planejamento", já o Sistema de PCP seria o recurso necessário à fase de "execução", e o Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho corresponderia à fase de "controle".

Desta maneira, deve ser constante e necessária a interação entre estes três elementos, para que o processo de gerenciamento da manufatura conduza a organização aos resultados que a mantenham competitiva no seu mercado de atuação.

Conforme mostramos na Figura 2.17, abaixo, "a partir da formulação da estratégia segue-se a implementação dos programas de ação que irão apoiar esta estratégia. Os resultados desses programas são medidos e comparados com as metas e objetivos pré-definidos. Num processo de realimentação, os resultados obtidos definirão as eventuais correções de rumo, que podem ser redirecionadas para os programas de ação ou para a própria estratégia adotada". Em outras palavras, podemos interpretar o Sistema de PCP como componente dos programas de ação e o Sistema de Medição e Avaliação de Desempenho como responsável pela comparação dos resultados atingidos com as metas e objetivos pré-definidos.

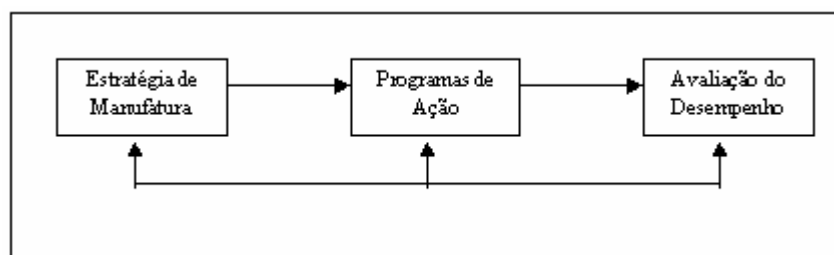


Figura 2.17 – Relação entre avaliação do desempenho e a estratégia de manufatura.

Fonte: Pinto e Pires (1997)

Capítulo 3

3 METODOLOGIA E PROJETO DE PESQUISA

3.1 Metodologia de Pesquisa

A metodologia de pesquisa, na análise do trabalho em questão, passa pela definição adequada da abrangência do método de pesquisa a ser utilizado.

Para Thiollent (1986), “a metodologia é entendida como disciplina que se relaciona com a epistemologia ou a filosofia da ciência. Seu objetivo consiste em analisar as características dos vários métodos disponíveis, avaliar suas capacidades, potencialidades, limitações ou distorções e criticar os pressupostos ou implicações de sua utilização. Além de ser uma disciplina, a metodologia também é considerada como modo de conduzir a pesquisa. Neste sentido, a metodologia pode ser vista como conhecimento geral e habilidade que são necessários ao pesquisador para se orientar no processo de investigação, tomar decisões oportunas, selecionar conceitos, hipóteses, técnicas e dados adequados”.

Entre as metodologias de pesquisa e suas formas de abordagem, segundo Silva e Menezes (2000), estas podem ser classificadas em:

- **Quantitativa:** considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las.
- **Qualitativa:** considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito, que não pode ser traduzido em números.

Para a proposta deste texto, que será utilizada como metodologia de pesquisa para a elaboração de dissertação de mestrado em Engenharia de Produção, adotaremos a

metodologia qualitativa, por se tratar de uma pesquisa de natureza aplicada, objetivando gerar conhecimento para aplicação prática e voltada à solução de problema específico no âmbito do Sistema Enxuto de Manufatura.

Segundo Bryman (1989), este processo pode ser representado pelo esquema da Figura 3.1, a seguir:

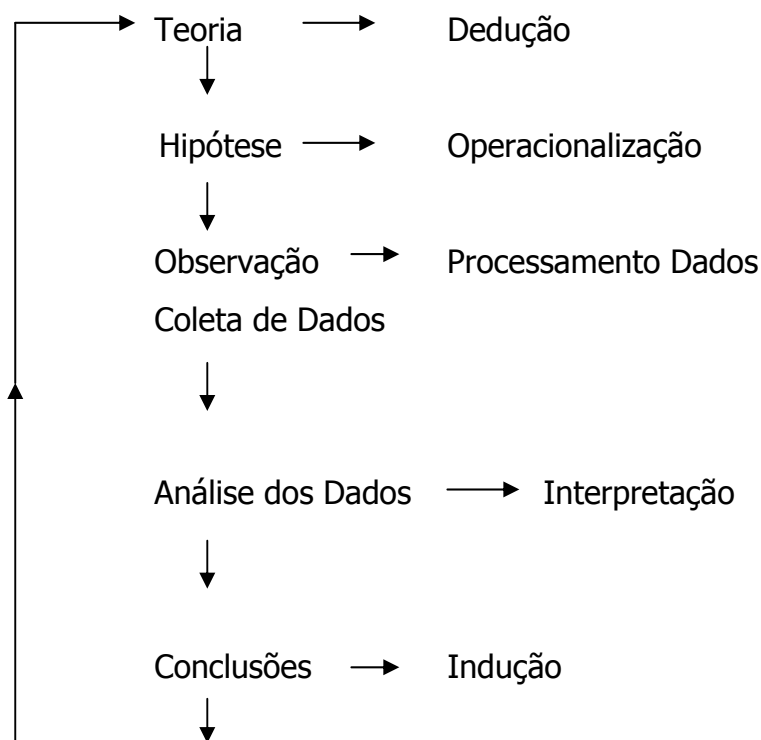


Figura 3.1 – Projeto de Pesquisa

Fonte: Bryman (1989)

Neste modelo, o ponto de partida da pesquisa é a teoria, que engloba uma tentativa de formular explicações acerca de algum aspecto da realidade. A partir dela, hipóteses são formuladas pelo uso da dedução. Para Bryman (1989), o pesquisador ao utilizar este método, deve cuidar para que:

- A hipótese contenha conceitos que possam ser medidos para a sua verificação.
- A hipótese demonstre uma relação de causa-efeito, seja de forma explícita, seja implícita.
- A pesquisa busque conclusões que possam ser generalizadas além dos limites restritos da pesquisa.

- A pesquisa seja capaz de ser replicada, para que outro pesquisador possa verificar a validade dos resultados encontrados.

Para o desenvolvimento da dissertação de mestrado, utilizaremos o estudo de caso, que para Yin (1994) é um estudo em que o planejamento é flexível, o que permite ao pesquisador obter novas descobertas.

Voss, Tsusikrutsis e Frolich (2002) apontaram que muitas quebras de paradigmas nos conceitos e teorias em gerência de operações, da produção enxuta à estratégia de manufatura, foram desenvolvidas através de estudos de caso.

Para Yin (1994), são quatro os aspectos a serem avaliados pelo pesquisador, na qualidade do projeto e da pesquisa:

- Validade do constructo: estabelecer medidas operacionais corretas para os conceitos que estão sob estudo.
- Validade interna: estabelecer uma relação causal, por meio da qual são mostradas certas condições que levem a outras condições, como diferenciada de relações espúrias.
- Validade externa: estabelecer o domínio ao qual as descobertas de um estudo podem ser generalizadas.
- Confiabilidade: demonstrar que as operações de um estudo – como os procedimentos de coletas de dados – podem ser repetidas, apresentando os mesmos resultados.

A base das disciplinas que formariam a Gestão de Operações na Engenharia de Produção, sendo o Sistema Enxuto de Manufatura uma particularização desta situação, são, segundo Lovejoy (1996), as seguintes:

- Física – que trata das ações e interações dos objetos e sua viabilidade física.
- Psicologia Social – que trata das ações e reações dos recursos humanos envolvidos; os estudos sobre comportamento organizacional são aplicações dessa ciência.
- Filosofia – que trata da questão objetiva: “por que estamos fazendo o que estamos fazendo”? A Ética é a aplicação da Filosofia, ao definir a busca por uma sociedade melhor e os papéis individuais dentro dessa busca.

Assim Lovejoy (1996) propõe o esquema da Figura 3.2, a seguir:

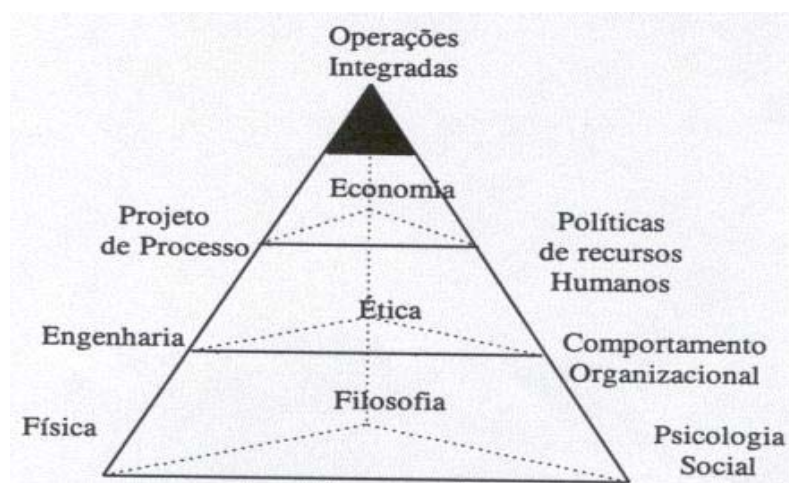


Figura 3.2 – As dimensões da Engenharia de Produção.
Fonte: Lovejoy (1996).

A Gestão da Produção, para Lovejoy (1996), “*possui duas outras disciplinas formadoras, pois os sistemas geridos pela EP lidam essencialmente com pessoas*”. Uma destas, a Filosofia, trata do aspecto individual, buscando responder a perguntas relativas a cada pessoa, enquanto a outra, a Psicologia Social, trata dos inter-relacionamentos dessas pessoas e seus desdobramentos.

A Metodologia de Pesquisa em Engenharia busca resposta para indagações propostas. Minayo (1993) considera a pesquisa como “*atividade básica das ciências na sua indagação e descoberta da realidade. É uma atitude e uma prática teórica de constante busca que define um processo intrinsecamente inacabado e permanente. É uma atividade de aproximação sucessiva da realidade que nunca se esgota, fazendo uma combinação particular entre teoria e dados*”.

As fases construtiva e redacional, respectivamente, seguirão os conceitos e princípios apresentados no tópico de Metodologias, tendo a preocupação de se definir o universo, a população e a amostragem previamente selecionada.

A conclusão e análise dos resultados obtidos “serão interpretados de modo a atender os objetivos da pesquisa e para comparar e confrontar dados e provas, com o objetivo de confirmar ou rejeitar as hipóteses ou pressupostos da pesquisa” (SILVA e MENEZES, 2000).

O planejamento da pesquisa do tema em pauta segue, segundo Goldemberg (1999), as três fases a seguir:

- Decisória – escolha do tema, definição e delimitação do problema.
- Construtiva – construção de um plano de pesquisa e sua execução.
- Redacional – referente à análise dos dados e informações obtidas na fase construtiva.

O projeto de dissertação é de natureza técnica, visando à elaboração de uma metodologia estruturada de avaliação dos processos de manufatura.

A consecução das etapas será pautada pelo método não-tradicional, sendo utilizada uma abordagem qualitativa, com o uso do raciocínio dedutivo.

As hipóteses levantadas serão baseadas em conceitos mensuráveis e que possam ser verificados.

As conclusões poderão ser estendidas além do limite da pesquisa e preocupada com a replicação, para que os resultados encontrados possam ter a sua validade verificada.

3.2 Desenvolvimento da Pesquisa

A presente pesquisa será elaborada em conformidade com o fluxograma da Figura 3.3, que estabelece as seguintes fases:

1ª Fase – Quadro Teórico.

Levantar e selecionar a bibliografia pertinente, incluindo artigos e textos, posicionando a proposta no contexto da teoria disponível.

2ª Fase – Diretriz e Modelo da Pesquisa

Através da revisão da literatura, será elaborado um modelo de análise para o projeto de aplicabilidade da automação na manufatura enxuta.

3ª Fase – Pesquisa de Campo e Coleta de Dados

Aplicação do modelo de projeto em uma indústria do ramo automobilístico, com a coleta dos dados levantados através de questionários, entrevistas semi-estruturadas e avaliação de documentos.

4ª Fase – Análise dos Resultados

Análise dos resultados obtidos no estudo de campo, mensurando a eficácia dos indicadores de monitoramento.

5ª Fase – Conclusão

Avaliar o atingimento do objetivo proposto na formulação do problema, com os resultados obtidos

6ª Fase – Elaboração da dissertação

Redação final do trabalho, discorrendo sobre a teoria utilizada, metodologia da pesquisa, método aplicado, resultados obtidos, factibilidade, usabilidade e utilidade do processo.

A Figura 3.3 a seguir apresenta a sequência das fases da pesquisa:

Fluxograma da Pesquisa

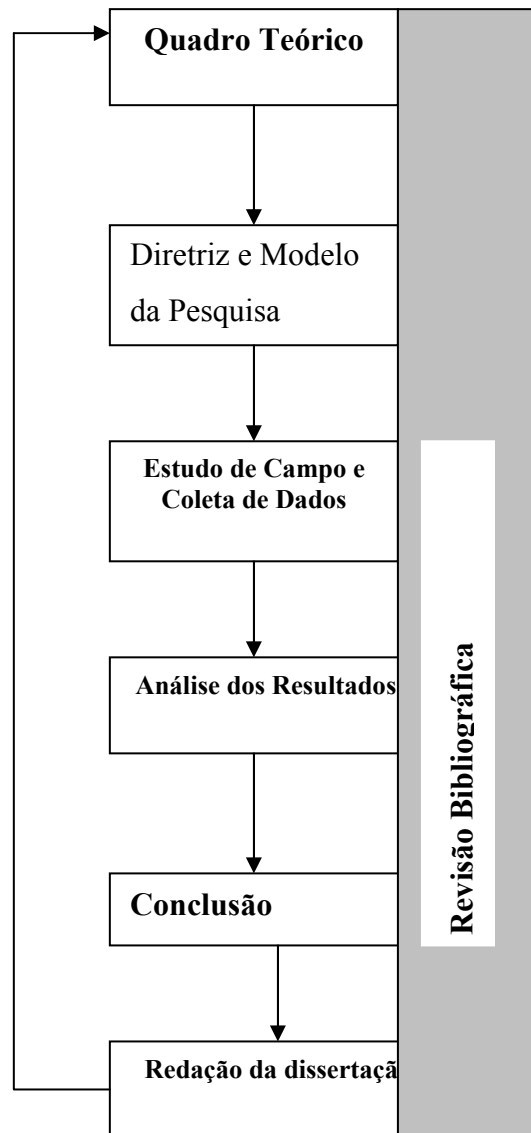


Figura 3.3 – Fluxograma da Pesquisa

FONTE: Autor

3.3 PESQUISA DE CAMPO

Conforme Santos (1999), “três critérios podem ser utilizados para identificar a natureza metodológica dos trabalhos de pesquisa”. As pesquisas podem-se caracterizar, conforme os objetivos, procedimentos de coleta e segundo as fontes utilizadas na coleta de dados. Segundo o autor, as principais características de cada critério são:

- *Caracterização das pesquisas, segundo os objetivos.*

Conforme os objetivos, as pesquisas podem ser classificadas em:

- Exploratórias: visam uma primeira aproximação de um determinado assunto, procurando identificar maior familiaridade em relação a um determinado fato ou fenômeno.
- Descritivas: visam descrever um fato ou fenômeno, após uma primeira aproximação, por meio de uma abordagem que levante as características e os componentes de um fato ou problema.
- Explicativas: constituem-se em criar uma teoria aceitável, acerca de um fato ou fenômeno.

- *Caracterização das pesquisas, conforme os procedimentos de coleta de dados.*

De acordo com os procedimentos de coleta de dados, as pesquisas podem ser classificadas em:

- Pesquisa experimental: quando um fenômeno da realidade é reproduzido de maneira controlada, visando descobrir os elementos que o produzem, ou que por ele são produzidos.
- Pesquisa *ex-post-facto*: pesquisa com característica de experimental, diferenciando-se pela situação de que o fenômeno ocorre naturalmente, sem o controle do pesquisador. Cabe ao pesquisador tentar entender e explicar o fenômeno já colocado, ou a partir do pós-fato.
- Levantamento de dados: é a pesquisa que busca a informação diretamente com um grupo de interesse, a respeito dos dados que se desejam obter. Utiliza-se das técnicas de questionários ou entrevistas, diretamente com os indivíduos.

- Estudo de caso: consiste em selecionar um objeto de pesquisa restrito, com o objetivo de identificar os principais aspectos que envolvem o fenômeno. Pode também ser utilizado como meio de se reconhecer, num caso, um padrão científico já delineado, no qual possa ser enquadrado.
 - Pesquisa-ação: metodologia utilizada quando há interesse coletivo na resolução de um problema. Os pesquisadores e os participantes envolvem-se no trabalho de pesquisa, de modo participativo.
 - Pesquisa bibliográfica: a coleta de dados é elaborada por meio de uma bibliografia que contenha informações já elaboradas e publicadas por autores da área de conhecimento específico e áreas afins ao tema a ser pesquisado.
 - Pesquisa documental: consiste na utilização de documentos, como fonte de informação, que ainda não receberam organização, tratamento analítico e publicação.
- *Caracterização das pesquisas, segundo as fontes de informação.*

Quanto às fontes de informação, as pesquisas são usualmente classificadas em:

 - Campo: o campo consiste no lugar onde, naturalmente, os fatos e fenômenos acontecem. Normalmente, a pesquisa de campo é realizada por meio de observação direta do pesquisador, levantamento de dados, ou estudo de caso.
 - Laboratório: o laboratório, como fonte de informações para uma pesquisa, possibilita a interferência artificial na produção do fenômeno, possibilitando sua leitura, embora de maneira artificial, mas permitindo conclusões que possam levar à melhoria do conhecimento do fenômeno pesquisado.
 - Bibliografia: consiste em relevante fonte de informações, pois os dados, devidamente escritos e registrados, já foram organizados e analisados. Por isso, a pesquisa com base em uma bibliografia deve ser a primeira etapa de qualquer processo de evolução do conhecimento científico.

Conforme Severino (1991), uma Tese de Doutorado deve possuir abordagem de um único tema e exige uma pesquisa própria da área de conhecimento em que se situa, com instrumentos metodológicos específicos.

A metodologia científica adotada na presente dissertação, como método amplo de pesquisa e evolução do conhecimento, foi o método dedutivo. Quanto aos

objetivos, a pesquisa realizada classifica-se por uma pesquisa de caráter exploratório. Os procedimentos utilizados na coleta de dados caracterizam a pesquisa como uma pesquisa não-experimental, utilizando-se das metodologias de estudo de caso, levantamento de dados, por meio de entrevista e observação direta dos elementos ligados à questão de pesquisa, na visita aos casos estudados e pesquisa bibliográfica.

Quanto ao aspecto de “fonte de informações da pesquisa”, foi utilizada a metodologia de pesquisa de campo.

3.3.1. Questão de pesquisa.

A questão de pesquisa, segundo Eisenhardt (1989) *apud* Martins (1999), não é uma hipótese a ser testada, mas se caracteriza como um ponto de partida para a pesquisa, possibilitando uma abordagem focada para a pesquisa de campo a ser realizada.

Neste capítulo, relatamos a trajetória e o percurso intelectual que motivou este estudo, cuja análise e reflexão influenciaram a pesquisa de campo. As questões de pesquisa utilizadas nesta dissertação, são:

1. Como deveria estar estruturado um Sistema de Produção Enxuta visando o seu melhor desempenho e os gatilhos (*drivers*) para a automação?
2. Qual metodologia deve ser utilizada para se identificar o nível atual de automação?
3. Qual o *gap* existente entre o nível de automação recomendado por Shingo e o atual?
4. Como se integrar o Sistema de Produção Enxuta e a Automação com os objetivos do negócio?

O conjunto de proposições geradas no questionamento da pesquisa promoverá a base para o sistema a ser proposto.

3.4 PRINCIPIOS E OBJETIVOS DA PESQUISA

A literatura consultada do Sistema de Produção Enxuta e de Automação, no âmbito da Gestão da Produção, comprova que a utilização de meios automatizados na SPE é parte integrante do processo.

Esta constatação recomenda que se utilize um modelo que permita a implementação e seleção de meios automatizados, que integrem as operações de produção e a mão-de-obra utilizada, também monitorando os resultados obtidos e metas planejadas.

O modelo de Shingo (1996) apresenta as principais dimensões e critérios para a integração da automação no Sistema de Produção Enxuta, tanto na dimensão tecnológica como humana dos processos de produção.

A Figura 3.4 abaixo, elaborada pelo autor, demonstra os elementos que estruturam a reflexão sobre o tema desta dissertação, cujos objetivos estão justificados no Capítulo 1.

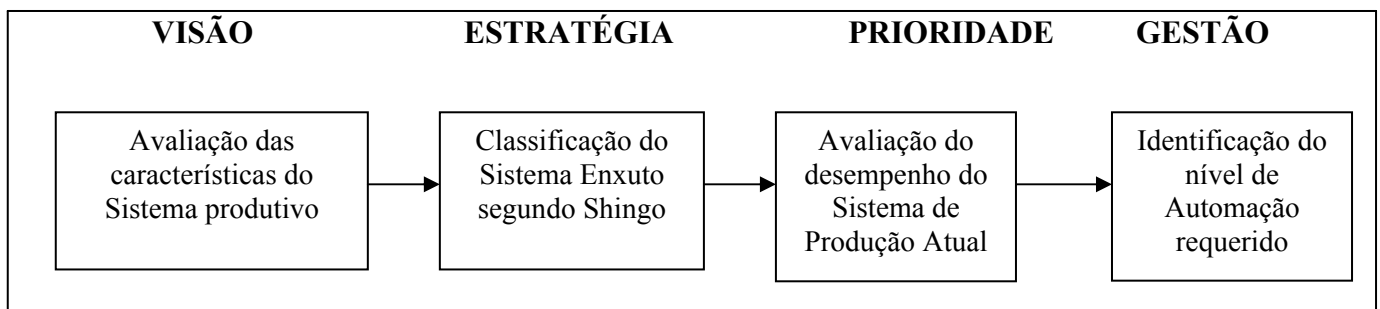


FIGURA 3.4 – Estrutura conceitual da pesquisa

Fonte: Autor

Os pontos a seguir justificam os objetivos para esta dissertação. São eles:

1. Avaliar o sistema de produção e o seu enquadramento no modelo de Produção Enxuta.
2. Identificar o Sistema de Produção Enxuta segundo o modelo de Shingo.
3. Avaliar o desempenho do sistema de produção atual
4. Identificar o nível de automação requerido para o sistema atual.

O resultado final da pesquisa é encontrar o nível de automação requerido para o SPE, visando auxiliar a empresa pesquisada e sua área de manufatura a efetuar o encaminhamento de um plano de ação, para se atingir o nível requerido de automação.

Capítulo 4

4 AUTOMAÇÃO NA PRODUÇÃO ENXUTA

4.1 Deficiências do Sistema de Produção Enxuta

A Toyota Motors Company, no Japão, desenvolveu a separação do homem e da máquina, em meados dos anos 20, com o objetivo de promover a eficiência na produção, assim como o uso efetivo e expressivo dos recursos humanos.

“Os trabalhadores da Toyota não estão vinculados a uma única máquina, mas são responsáveis por 5 ou mais máquinas, alimentando uma, enquanto as outras trabalham automaticamente” (SHINGO, 1996).

As operações multimáquinas são sustentadas por 2 princípios importantes, segundo o autor:

- 1º) Uma máquina, após a sua total depreciação, é utilizada “de graça”, ao passo que os trabalhadores devem ser pagos indefinidamente. Assim, sob a ótica da redução de custos, é preferível ter máquinas paradas a trabalhadores parados.
- 2º) Reduzir custos é mais importante do que manter máquinas com altas taxas de produção.

A conclusão de Womack (1990) de que a produção enxuta combina as melhores características da produção artesanal e a produção em massa, por reduzir os custos por unidade e aprimorar dramaticamente a qualidade dos produtos, mostra-se parcialmente correta nos dias de hoje.

Segundo Katayama (1999), em seu artigo “*Lean Production in a changing competitive world: a Japanese perspective*”, os estudos de caso em vários segmentos das indústrias japonesas é que o Sistema Enxuto de Produção, na sua forma atual, mostra-se deficiente como solução para muitos dos problemas enfrentados pelas empresas japonesas.

O argumento de Katayama (1999) é calcado nas mudanças econômicas ocorridas na economia japonesa nos anos noventa, que rompeu com a “bolha” de prosperidade que perdurou até então.

Com o novo cenário recessivo da economia japonesa e mundial, o Sistema de Produção Enxuta se mostrou menos adaptável a grandes variações de demanda e capaz de produzir artigos que sejam lucrativos, com um alto nível de demanda.

Para Harris (2003), o Sistema de Produção Enxuta, ou *pull system* (sistema puxa), é assim chamado pois a cadência com que os materiais fluem através dele, denominada também por *takt-time*, é que determina o ritmo ao qual as operações anteriores no fluxo de valor devem obedecer. A acuracidade com que transcorrem essas operações, determinantes do ritmo, define a forma como se atende à demanda do cliente final. Disfunções no sistema puxa comprometem todo o fluxo de valor, que jamais será *lean* (enxuto) de fato. Serão necessárias mais pessoas, equipamentos e materiais para atender à demanda.

O sistema puxa, para Harris (2003), “deve obedecer a uma mecânica semelhante à de um jogador de futebol que nunca se machuca, nunca é expulso de um jogo, ou seja, está presente em todos os jogos”.

A principal pressão competitiva a que as companhias são submetidas é a de expandir a sua participação no mercado, e a principal maneira de atingi-la é através da competição de preços (KATAYAMA, 1999).

A competição de preços, em contrapartida, reduz os lucros, gerando a redução de custos e aumentando os impostos. A redução de custos é atingida através do *Kaizen* (melhoria contínua), que estimula a competição dos preços, enquanto o aumento dos impostos necessita de maiores volumes de vendas, requerendo novos produtos a serem introduzidos e sua diversificação.

A alternativa para atender à redução de consumo no mercado japonês é o projeto de um sistema de produção mais versátil, que permita se assimilar as mudanças constantes de mercado (KATAYAMA, 1999). A esse sistema, denomina-se “produção flexível”.

A Figura 4.1 mostra os custos relativos da produção enxuta e flexível.

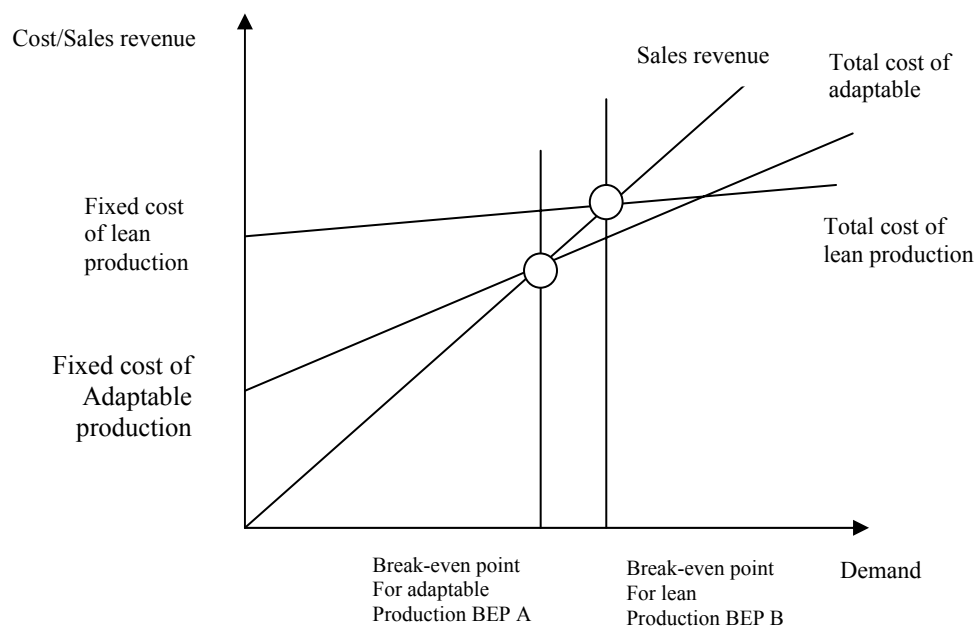


Figura 4.1 – Os custos relativos da produção enxuta e flexível
FONTE: Katayama (1999)

A interpretação dos dados apresentados na Figura 4.1 leva a se apontarem algumas das deficiências do Sistema de Produção Enxuta, para este caso, em comparação com o Sistema Flexível ou adaptável, conforme o autor.

As deficiências são as seguintes:

- alto custo fixo dos ativos;
- alto custo de mão-de- obra indireta;
- alto custo de *overheads*;
- constante necessidade de desenvolvimento de novos produtos;
- aquisição constante de instalações para novos produtos;
- manutenção permanente da aplicação eficiente de recursos;
- *break-even point* superior ao da produção flexível;
- menor lucro, com baixa demanda de mercado.

O aspecto da variação do custo em relação à demanda pode ser visualizado na figura 4.2, que mostra o comportamento não-linear das linhas de custo.

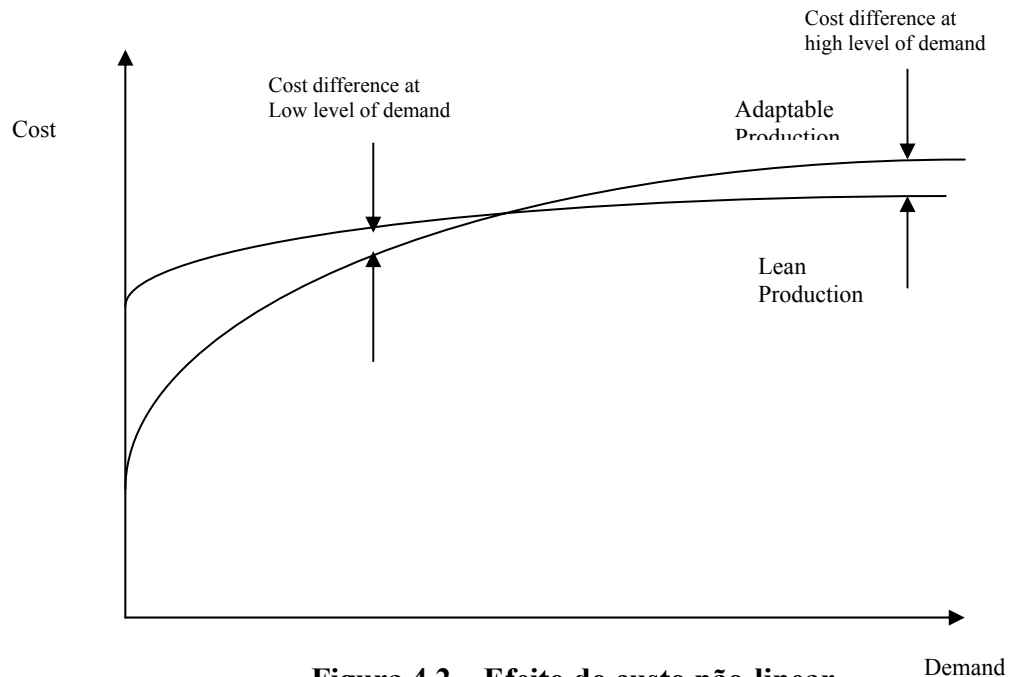


Figura 4.2 – Efeito do custo não-linear

FONTE: Katayama (1999)

4.2 A Transformação das Operações

As deficiências apresentadas no tópico anterior, e a busca pelas respostas às questões propostas, encaminharam um estudo aprofundado da bibliografia existente sobre o Sistema de Produção Enxuta, seus princípios e metodologias aplicadas.

O ramo automotivo hodierno e o paradigma da Produção Enxuta, em um cenário econômico de mudanças permanentes, foram investigados de modo a fornecer indicadores para se encontrarem os “gatilhos” que sinalizariam a necessidade da transformação de operações eminentemente manuais, em atividades automatizadas no “chão de fábrica”.

Para Shingo (1996), “existem 23 estágios entre o trabalho puramente manual e a automação completa. No entanto, até o vigésimo, o trabalho manual teve apenas que ser mecanizado. Para ser totalmente automatizada, uma máquina deve ser capaz de detectar e corrigir os seus próprios problemas operacionais. É técnica e economicamente viável desenvolver um equipamento que detecte problemas (pré-automação). Porém, fazer com que ele também os corrija é muito caro e tecnicamente difícil e, em consequência, não é trivial

justificar esse custo. 90% dos resultados da automação total (os primeiros 20 estágios) podem ser atingidos a um custo relativamente baixo, se as máquinas forem projetadas para simplesmente detectar problemas, deixando a correção dessas anormalidades aos trabalhadores. Com qualquer nível de automação, as pessoas serão sempre uma parte essencial e vital da produção”.

Para o autor, “pré-automatização ou autonomatização é o estágio anterior à automação total”. Os passos necessários para atingi-la são os seguintes:

Mecanização do Trabalho Manual	Mecanização do Trabalho Intelectual
1. Automatização das operações essenciais. problemas.	5. Automatização da detecção de
2. Automatização das operações auxiliares.	
3. Automatização das folgas de trabalho.	
4. Automatização das folgas entre operações.	
6. Automação total – operador escolhe a operação.	

FONTE: Shingo (1996)

A análise de Shingo (1996), apresentando o quinto nível de automação, como o estágio ideal para o Sistema Toyota de Produção, apresentou o primeiro passo para se responderem às questões do tópico anterior, *quando* se deve automatizar o Sistema de Produção Enxuta.

O primeiro passo, portanto, é se identificar o nível de automação em que se encontra o processo analisado, nas indústrias do ramo automotivo que o utilizam.

A Tabela 4.1 abaixo apresenta os níveis de automação estabelecidos por Shingo e a sua relação com as atividades do trabalhador.

	TIPO	FUNÇÕES DA MÃO				FUNÇÕES MENTAIS			
		Operações Principais				Margem de Folga			
		Operações Essenciais		Operações Auxiliares		(Método Usual)		(Método Toyota)	
ESTAGIO		Corte	Alimentação	Posicionamento / Remoção	Operação de Troca	Deteção de Anormalidades	Correção de Anormalidades	Deteção de Anormalidades	Correção de Anormalidades
1	Operação Manual	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador
2	Alimentação Manual, corte automatico	máquina	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador
3	Alimentação automática, corte automatico	máquina		trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	Máquina que para automaticamente (trabalhador supervisiona mais de uma máquina)	trabalhador
4	Semi-automação	máquina		máquina	máquina	trabalhador	trabalhador	Máquina (trabalhador supervisiona mais de uma máquina)	trabalhador
5	Pré-automação (automação com um toque humano)	máquina		máquina	máquina	máquina	trabalhador	Máquina (automação com um toque humano)	máquina
6	Automação verdadeira	máquina		máquina		máquina	máquina	máquina	máquina

Tabela 4.1 – Separação entre Trabalhador e Máquina X Níveis de Automação
FONTE: Shingo (1996)

O passo seguinte à identificação do nível de automação atual do processo é se mensurar cada nível de automação, utilizando-se de indicadores de processo ou “*drivers*” para a automação.

4.2.1 Drivers para a Automação

A maioria das atividades relacionadas à automação industrial e a robôs industriais em processos de produção envolvem operações de *movimentação*, *processamento* e *controle de qualidade* (COPELIOVITCH, 1993). A seguir, são apresentadas algumas dessas atividades:

- *Movimentação:*
 - movimentação de peças entre posições definidas;
 - transporte de peças entre esteira transportadora e máquinas operatrizes;
 - carregamento e descarregamento de peças em máquinas operatrizes;
 - carregamento e descarregamento de peças em magazines;
 - paletização.
- *Processamento:*
 - soldagem por resistência elétrica (pontos) ou a arco (contínua);
 - fixação de circuitos integrados em placas;
 - pintura e envernizamento de superfícies;
 - montagem de peças;
 - acabamento superficial;
 - limpeza através de jato d'água e abrasivos;
 - corte através de processos por plasma, laser, oxi-corte ou jato d'água;
 - fixação de partes com parafusos, deposição de cola, rebites;
 - empacotamento.
- *Controle de qualidade:*
 - inspeção por visão;
 - verificação dimensional de peças através de sensores.

A obtenção da redução de custos, qualidade e flexibilidade é questão-chave para se atingir a competitividade. A utilização de uma estratégia de Sistemas Flexíveis de Produção – FMS, com a adoção de níveis cada vez maiores da automação e informatização da empresa, apresenta-se como alternativa eficaz (SOUZA, 1995).

A relação entre a automação do sistema de produção e recursos computacionais é apresentada na Tabela 4.2 a seguir:

Estratégias	Recursos de software e Ferramentas
Automação do planejamento e controle	MRP; CAP
Automação da engenharia	CAD, CAE, CAPP
Automação do chão de fábrica	CAD/CAM, CAQ
Automação do sistema de armazenamento de materiais	AGV, AS/RS

Tabela 4.2 – A relação entre a automação da produção e recursos computacionais

FONTE: Souza (1995)

Segundo Skinner (1969), para ter sucesso, uma companhia tem de possuir uma vantagem, uma atração particular, um estímulo especial, criado por seus produtos, rede de distribuição, propaganda, preço, embalagem, qualidade, garantias, flexibilidade, ou outros fatores.

O ponto de partida para o Sistema Enxuto e a mentalidade enxuta consiste na definição do que é Valor.

Segundo o Lean Institute (2002)¹, “valor é a capacidade oferecida ao cliente no momento certo a um preço adequado, conforme definido pelo próprio cliente”.

O mesmo Instituto estabelece que a identificação da cadeia de valor deve então ser realizada, separando os processos em três tipos:

- aqueles que agregam valor;
- aqueles que não agregam valor e são críticos para a qualidade do produto;
- aqueles que não agregam nenhum valor e devem ser eliminados.

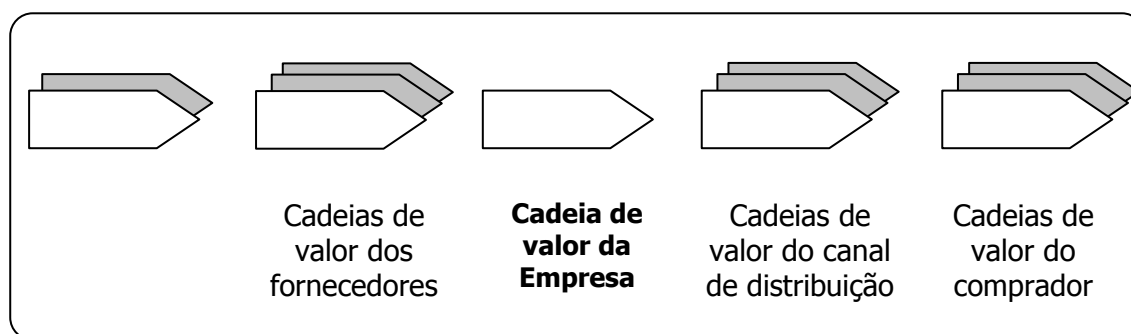
A análise do fluxo de valor, na nova mentalidade de produção, promoverá a identificação de alternativas de processo, que conduzirão à inovação e melhoria contínua, desde a criação do produto, suas vendas e a pós-venda (Lean Institute, 2002).

Segundo Porter (1989), “o instrumento básico para diagnosticar a vantagem competitiva e encontrar maneiras de identificá-la é a *cadeia de valores*, que divide uma

¹ Conforme pode ser observado no site do Lean Institute Brasil. <http://www.lean.org.Br>

empresa nas atividades distintas que ela executa no projeto, produção, marketing e distribuição do seu produto”.

A Figura 4.3 apresenta a visualização do sequenciamento das atividades da cadeia de valor, conforme proposta por Porter (1989).



Fonte: Adaptada de PORTER (1989)

Figura 4.3 –Cadeia de Valores

Segundo Porter (1989), “a cadeia de valores de uma empresa e o modo como ela executa atividades individuais são um reflexo de sua história, de sua estratégia, de seu método de implementação de sua estratégia, e da economia básica das próprias atividades”.

Assim, torna-se fundamental conhecer o nível atual de automação do Sistema de Produção Enxuta e o *gap* em relação ao nível de automação ideal proposto por Shingo (1996), que irá estabelecer o encaminhamento de indicadores de performance ou *drivers* para a automação.

Agora, com base nessas premissas, poderemos desenvolver uma proposta de metodologia que contemple os critérios apresentados para a implementação da automação no Sistema de Produção Enxuta.

Capítulo 5

5 METODOLOGIA PARA A AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO ENXUTA

5.1 A CONSTRUÇÃO DO *FRAMEWORK*

O projeto organizacional clássico é estruturado pelas funções do processo. O trabalho direto é proposto pelo projeto de uma tarefa, com o posto de trabalho e seus recursos físicos, sequência de movimentos dos operários e tempo-padrão associado (TAYLOR, 1995).

O projeto organizacional mais flexível, coerente com as necessidades da indústria contemporânea, segundo a proposta de Zarafian (1995), a partir das noções de evento e comunicação no trabalho e com base na proposição de Sitter, Dankbar e Hertog (1997), ocorre pela observação dos oito aspectos a seguir:

1. Elaboração de “carta de valores / princípios” do projeto – visa explicitar o conjunto de princípios do projeto, o que se espera da organização. São diretrizes gerais, envolvendo, por exemplo, aspectos tais como flexibilidade, contratações para o sistema de produção e não para um posto/cargo, mobilidade da estrutura organizacional etc Salerno (1999; pág. 5)

2. Critérios de seleção da tecnologia do processo de transformação (equipamentos) – a relação tecnologia – organização não é simples. O importante é ter em mente que os equipamentos colocam restrições, muitas vezes sérias, às escolhas

organizacionais; eles tendem a restringir o espaço de soluções organizacionais possíveis Salerno (1999; pág. 6, 4º parág.).

3. Definição dos processos operacionais (processos de negócios) – a discussão dos processos operacionais busca relacionar mais diretamente a estratégia da firma e sua relação com o “cliente” (mercado). Definir os processos-chave ligados aos eixos estratégicos são processos transversais, não funcionais. Estes devem ser discutidos com os atores (aqueles que efetivamente estão trabalhando), definindo-se os indicadores de avaliação para cada processo e as ações cotidianas do pessoal diretamente ligado às atividades (SALERNO, 1999; pág. 7, 1º parág.).

4. Paralelização dos fluxos – o conceito de paralelização está relacionado às incertezas externas, flutuações na demanda em termos de *mix* de produção, gama de produtos e volume. O estudo da paralelização e de extensão e viabilidade está diretamente associado ao aumento da capacidade do sistema de absorver variabilidades internas e externas, reduzindo, assim, a necessidade de variações estruturais e a complexidade para alteração das condições do sistema. A idéia é preferir sistemas de produção modulares e linhas menores e paralelas, ao invés de uma grande linha, uma grande máquina (SALERNO, 1999; pág. 8, 2º parág.).

5. Critérios de segmentação (divisão do trabalho entre grupos) – a segmentação é essencial no projeto de trabalho em grupo. Está relacionada com as seguintes questões: quais os limites de atuação horizontal dos grupos; quais os limites verticais; quais os limites relativos aos sistemas de apoio à produção (qualidade, manutenção, PCP etc.); como integrar os diversos grupos e funções externas a eles (relações de fronteiras) (SALERNO, 1999; pág. 9, 3º parág.).

6. Sistemas de informação, produção da informação e espaços formais de comunicação / negociação – o sistema de informações institucionais deve ser projetado após a definição da paralelização e da segmentação e nunca antes, pois deve ser um instrumento coerente com a organização e seus objetivos. Não deve ser o sistema de informações que define a lógica da estrutura organizacional; a relação de precedência lógica é dada pela estrutura em relação à necessidade de informação (SALERNO, 1999; pág. 16, 2º parág.).

7. Estrutura organizacional e sistemas de pilotagem (dirigibilidade para o tratamento de eventos) – o objetivo do projeto de um sistema de produção integrado e flexível não é o de prepará-lo para que atinja metas prescritas, como o de especificar tarefas para atingir tais metas, mas de conferir-lhe condições para atingir metas mutáveis, pelo tratamento adequado dos eventos que possam ser verificados (SALERNO, 1999; pág. 19, 1º parág.).

8. Sistemas sociais de apoio: retribuição, sinalização e indução do comportamento – o projeto organizacional envolve, além do projeto da estrutura da organização, o projeto de sistemas de apoio para sinalização e indução do comportamento esperado das pessoas. Organização não é só estrutura, é gestão, é comportamento, é conflito, é cultura. Assim, os sistemas de apoio devem ser tais que induzam o comportamento esperado das pessoas. Política de remuneração, carreira, treinamento, recrutamento e seleção, movimentação interna etc., devem estar alinhados com a lógica da organização (SALERNO, 1999; pág. 20, 4º parág.).

Existem relações de precedência entre as diversas atividades do projeto organizacional. Dankbar (1997) considera que o projeto da estrutura se faz do geral para o particular (ou da estratégia de negócios e de produção para as atividades diretas, ou *top-down*, mas a alocação dos ciclos de dirigibilidade (controle do processo de produção) se faz do particular para o geral (*bottom-up*). Isto ocorre porque a estrutura organizacional responde a requisitos de eficiência e a requisitos sociais (condições de trabalho etc.), devendo ser pensada integradamente, como um todo – é essa a premissa do que foi chamado de projeto integral, não se tratando da definição de grupos isolados, mas de definir uma organização integrada (SALERNO, 1999; pág. 23, 3º parág.).

A regra geral é que o delineamento da estrutura organizacional se dê, em termos lógicos, antes da definição da tecnologia de processamento físico ou informacional, para que ela não defina implicitamente a organização, reduzindo, assim, o espaço das possíveis soluções organizacionais.

A dinâmica da organização é entendida pelo seu movimento, sua capacidade de enfrentar desafios, sua capacidade de mudança (SALERNO, 1999; pág. 24, 2º parág.).

Movimento e mudança significam também evolução da própria estrutura. De certa forma, o projeto organizacional deveria prever que a estrutura deve se mover ao longo do tempo. Faz-se necessária uma concepção aberta da organização e das fronteiras do trabalho operário. Este pode ter um papel que defina um conteúdo profissional amplo, integrador entre as diferentes interfaces técnicas tradicionais do trabalho e os aspectos decisórios envolvidos numa produção ágil.

É prudente e coerente prever que a estrutura deve mudar, que os processos serão revistos, que os critérios de gestão podem mudar, mudando com eles os indicadores de processo e, portanto, a lógica que norteia a ação dos grupos no tratamento dos eventos e na atuação de cada empregado na produção e fora dela.

Uma boa parte da dinâmica é dada pelo estilo de gerência, estimulando os empregados a questionarem, a terem espírito crítico. Isto estabelece um tipo especial de compromisso entre a empresa e seus funcionários, com retribuição condizente com o trabalho assalariado. Por outro lado, apenas a retribuição não adianta, se não houver uma abordagem organizacional e de gestão voltada a aproveitar a potencialidade dos trabalhadores. Pesquisas de cunho quantitativo/estatístico mais recentes associam o desempenho superior de algumas empresas às suas políticas de valorização de seus “recursos humanos” (COUTROT, 1998).

O papel do gerente de produção é bastante complexo na organização oriunda deste processo de projeto. Um papel básico do gerente é o de ser um guardião dos valores do projeto, estimulando e promovendo a comunicação nas três dimensões consideradas (cognitiva, expressiva e normativa). A coerência da alta gerência / diretoria é necessária para valorizar a atividade junto aos operários, pensando em formas compatíveis de analisar a produção e de analisar o gerente de produção (SALERNO, 1999; pág. 27, 2º parág.).

	Processos de Trabalho	Processos Comportamentais	Processos de Mudança
Definição	Seqüências de atividades que transformam inputs em outputs.	Amplos padrões de comportamento e de ação/interação compartilhados.	Seqüências de eventos ao longo do tempo.
Papel	Atendimento ao trabalho da organização	Conformar e lapidar o modo de trabalho é conduzido pelo modo como indivíduos e grupos se comportam.	Alterar a identidade, característica e escala da organização.

Categorias Principais	Operacional e administrativo	Individual e interpessoal.	Autônomo e induzido, incremental e revolucionário.
Exemplos	Desenvolvimento de novos produtos, preenchimento de requisitos e planejamento estratégico.	Tomada de decisão, comunicação, aprendizado da organização.	Criação, crescimento, transformação e declínio.

TABELA 5.1: PAPEL DA GERÊNCIA

FONTE: Salerno (1999)

Diagrama dos Processos Organizacionais

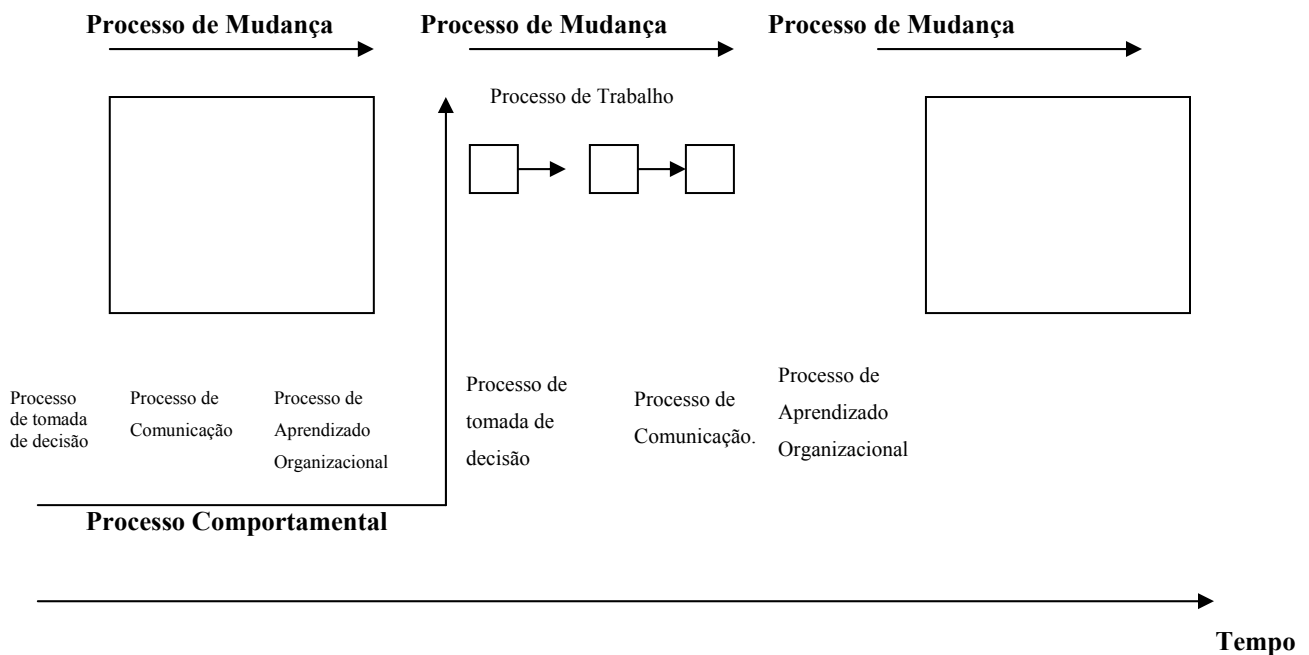


Figura 5.1 - Diagrama dos Processos Organizacionais

FONTE: adaptado de Garvin (1998)

5.1.2 - Construção do *Framework*

Para Nadler e Ancona (1994), tem-se observado atualmente uma crescente busca por *frameworks*, modelos e metodologias de referência de projeto para os sistemas e a “arquitetura” organizacional.

Para Bourne, Mills, Wilcox, Neely, Platts (2000), a partir do final da década de 1970, a insatisfação com os sistemas de medições de desempenho com medidas tradicionais baseadas na contabilidade e custos gerou, ao final de 1980, o desenvolvimento de *frameworks* de medição de desempenho "balanceados", abordando medidas externas não financeiras.

Este movimento tem como objetivo adequar o projeto organizacional às mudanças que estão acontecendo na forma de se ver, representar e pensar as relações organizacionais. Identificam-se algumas mudanças na forma de se conceber as relações internas e externas às organizações, quando se questionam e abandonam alguns princípios básicos da era industrial (PINHEIRO, 2001).

O *framework* para o projeto da organização é o pilar onde a organização sustenta a sua escolha de estratégia (GALBRAITH, 1995).

Atualmente, as empresas de manufatura estão sujeitas a vários desafios e pressões externas. O tracionamento provocado pelas diversas forças oriundas do mercado e clientes encaminha um processo dinâmico de mudanças nas organizações (HARRISON, 2000).

Para o autor, “a implementação da estratégia da “nova era” de manufatura exige um equilíbrio e integração do projeto técnico e social dos sistemas. Isto deve acontecer de maneira a espelhar os aspectos do JIT e JIDOKA , encontrados no *Toyota Production System*. Macduffle (1995) descreve esse processo como uma ligação da “lógica organizacional” por meio de grupos de práticas de manufatura (o conteúdo técnico), objetivando a minimização dos *buffers* e agrupando as práticas de recursos humanos (o conteúdo social) para expandir a capacitação da força de trabalho e a motivação”.

No mundo de hoje, onde nada é previsível e concorrentes estranhos surgem das mais diferentes direções e nos piores momentos, uma companhia deveria pensar em si mesma como uma coleção de capacidades em evolução e não como um grupo de produtos e negócios, que fornecem a flexibilidade necessária para se mover em novas direções. A estratégia corporativa deve fornecer um *framework* para guiar a seleção, desenvolvimento e aproveitamento dessas capacidades. Desde que muitas das capacidades com valor competitivo residem na organização da manufatura da companhia, a estratégia corporativa deve tornar-se muito mais evidente e confiante do que as considerações sobre a manufatura do passado (HAYES e PISANO, 1994).

Uma proposta de um *Framework* preliminar é apresentado para se entender a dinâmica dos *trade-off*, tendo as seguintes áreas de decisão: capacidade, flexibilidade, tecnologia, equipamentos, volume, controle e ambiente de manufatura. Os indicadores de desempenho e resultados são: segurança das operações, qualidade, satisfação do cliente, satisfação do funcionário, lucratividade, flexibilidade, inovação tecnológica, eliminação de desperdícios e esforço humano (DA SILVEIRA e SLACK, 2001).

A seguir apresentamos na Figura 5.2 o *Framework* proposto.

5.2 METODOLOGIA PROPOSTA PARA A AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE AUTOMAÇÃO NA PRODUÇÃO ENXUTA

Neste item será apresentado o modo utilizado pelo autor, para desenvolver uma proposta de metodologia de pesquisa e avaliação do nível de automação no ambiente do Sistema Enxuto de Produção, como ferramenta para incrementar a produtividade da manufatura através de:

- flexibilização dos processos produtivos;
- desempenho eficaz da mão de obra;
- investimentos com retorno assegurado;
- inovação e competitividade em relação à concorrência;
- avaliação de condições extremas e de risco a que os trabalhadores sejam expostos.

O objetivo da pesquisa é identificar nos Sistemas de Produção Enxuta as oportunidades de utilização de meios automatizados, como solução alternativa à operações manuais, notadamente intensas nesses sistemas. Busca também integrar a Estratégia de Manufatura no Sistema de Produção Enxuta à Automação e Avaliação do Desempenho das Operações.

A pesquisa abrange empresas de grande e médio porte do ramo automotivo, podendo ser aplicada em uma parte do sistema de manufatura ou em todo o seu conjunto de operações.

A primeira etapa do projeto será a apresentação do projeto a cinco especialistas do meio acadêmico, para análise e avaliação da aderência da proposta a uma “racionalidade”, permitindo o atingimento dos resultados da proposta formulada.

A segunda etapa do projeto constará do envio prévio do material de pesquisa e a explanação do projeto a cinco empresas do ramo automotivo, para conhecimento e leitura prévia dos roteiros de pesquisa, sendo, assim, definidas as áreas de avaliação, abrangência e recursos humanos envolvidos.

A terceira etapa do processo será realizada inicialmente por uma entrevista com a utilização de questionário semi-estruturado, para avaliação da condição atual do Sistema de

Produção da empresa. O passo seguinte será a análise, em conjunto com o entrevistado, da proposta de mensuração dos indicadores de processo sugeridos na tabela de indicadores do nível de automação criada pelo autor. O andamento da pesquisa será feito com a definição do interlocutor da empresa avaliada, que atuará como coordenador das informações levantadas.

A pesquisa tem cunho eminentemente acadêmico e todas as informações levantadas serão tratadas com confidencialidade e os dados levantados serão entregues aos participantes ao final do trabalho, caso haja interesse.

5.2.1 ETAPAS DE AVALIAÇÃO DA AUTOMAÇÃO NA PRODUÇÃO ENXUTA

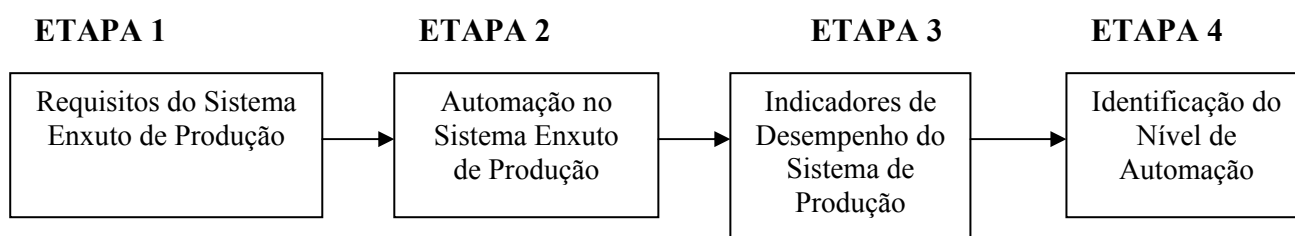


Figura 5.3 – Etapas da Pesquisa de Campo

Tabela 5.2 - Planejamento da Execução das Etapas de Pesquisa

ETAPA	DESCRIÇÃO	PARTICIPANTES	ATIVIDADE
1	Sistema Enxuto de Produção	Diretores; Gerentes; Coordenadores de Equipes e técnicos no assunto	Entrevistas; aplicação do questionário.
2	Automação no Sistema Enxuto de Produção	Diretores; Gerentes; Coordenadores de Equipes e técnicos no assunto	Entrevistas; identificação e avaliação dos parâmetros
3	Indicadores de Desempenho do Sistema de Manufatura	Diretores; Gerentes; Coordenadores de Equipes e técnicos no assunto	Entrevistas; identificação e avaliação dos parâmetros
4	Identificação do Nível de Automação	Diretores; Gerentes; Coordenadores de Equipes e técnicos no assunto	Entrevistas; identificação e avaliação dos critérios de diferenciação
	Método para a identificação do nível de automação requerido	Diretores; Gerentes; Coordenadores de Equipes.	Apresentação dos resultados e entrevista.

ETAPA 1 – REQUISITOS DO SISTEMA ENXUTO DE PRODUÇÃO

OBJETIVO

Analisar o Sistema Enxuto de Produção do ponto de vista do *modus operandi* da empresa ou organização e suas principais tecnologias utilizadas na manufatura.

Nesta etapa, realiza-se uma análise INTERNA da empresa, buscando os pontos fortes e identificando as oportunidades de melhoria.

São três os passos desta etapa, sendo o primeiro deles a entrevista com o/os representante(s) da empresa participante.

O segundo passo é a aplicação de questionário, enviado previamente, e a tabulação dos dados, gerando os indicadores de eficiência do sistema enxuto.

O terceiro passo consta da identificação dos pontos fortes e melhorias a serem implementadas, atividade realizada em conjunto com os participantes. Nesta fase, poderá ser avaliada a possível automação de partes e/ou etapas do processo produtivo.

A Tabela 5.3 abaixo resume estas atividades.

PASSO	DESCRIÇÃO	OBJETIVO	DOCUMENTO ASSOCIADO
1	Identificação das características e projeto do sistema de produção	Detalhar a natureza das operações de manufatura	1
2	Tecnologias e metodologias de trabalho	Identificar as tecnologias, ferramentas e práticas de trabalho da equipe de manufatura.	2
3	Pontos fortes e melhorias a serem implementadas	Determinar o nível de automação e grau de aplicação dos princípios do Sistema Enxuto.	3

Tabela 5.3 – Atividades da Etapa 1 da Pesquisa

ROTEIRO DE DADOS PARA A APRESENTAÇÃO DA EMPRESA – documento 1

DADO	DESCRIÇÃO
1- Nome da empresa	
2- Origem da empresa	
3- Ano de Implantação	
4- N° de Funcionários	
5- % de M.O.I.	
6- % de M.O.D.	
7- Principais Produtos	
8- Quantidade de Modelos de Produtos – Diversificação	
9- Tecnologias Aplicadas	
10- Origem da Tecnologia – tempo de existência	
11- Capacidade Produtiva	
12- % Uso da Capacidade Instalada	
13- Estágio do Produto no Ciclo de Vida	
14- Grau de Automação da Produção	
15- Regime de Operação (Turnos)	
16- Participação no mercado – interno e externo	
17- N° de Concorrentes	
18- Outros dados	

Tabela 5.4 – Formulário de apresentação da empresa

Questionário de Avaliação do Sistema Enxuto e Automação – Documento 2
(enviado em arquivo do EXCEL em anexo a este arquivo)

MATRIZ DE PONTOS FORTES E MELHORIAS – doc 3

PONTOS FORTES	OPORTUNIDADES DE MELHORIA	OBSERVAÇÕES
•	•	
•	•	
•	•	
•	•	
•	•	
•	•	
•	•	
•	•	
•	•	
•	•	
•	•	

Tabela 5.5 – Matriz de pontos fortes e melhorias

ETAPA 2 – AUTOMAÇÃO NO SISTEMA ENXUTO DE PRODUÇÃO

OBJETIVO

Identificar o nível de automação aplicado no Sistema Enxuto de Produção e as áreas em que processos manuais de manufatura possam ser substituídos por operações automatizadas.

O ponto de partida para esta etapa é o quadro de Shigueo Shingo abaixo (documento 4), em que os níveis de operação estão relacionados com as funções do operador no posto de trabalho.

ESTAGIO	TIPO	FUNÇÕES DA MÃO				FUNÇÕES MENTAIS			
		Operações Principais				Margem de Folga			
		Operações Essenciais		Operações Auxiliares		(Método Usual)		(Método Toyota)	
		Corte	Alimentação	Posicionamento / Remoção	Operação de Troca	Deteção de Anormalidades	Correção de Anormalidades	Deteção de Anormalidades	Correção de Anormalidades
1	Operação Manual	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador
2	Alimentação Manual, corte automático	máquina	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador
3	Alimentação automática, corte automático	máquina		trabalhador	trabalhador	trabalhador	trabalhador	Máquina que para automaticamente (trabalhador supervisiona mais de uma máquina)	trabalhador
4	Semi-automatização	máquina		máquina	máquina	trabalhador	trabalhador	Máquina (trabalhador supervisiona mais de uma máquina)	trabalhador
5	Pré-automatização (automação com um toque humano)	máquina		máquina	máquina	máquina	trabalhador	Máquina (automação com um toque humano)	máquina
6	Automação verdadeira	máquina		máquina		máquina	máquina	máquina	máquina

Fonte: Shingo (1996)

Nesta etapa, a análise aborda os aspectos internos e externos.

São dois os passos para esta etapa.

O primeiro será desenvolvido em entrevista dirigida com os representantes das empresas participantes, utilizando-se dos documentos associados 4 e 5 (anexos), sendo, ao final, apresentados os resultados.

O segundo passo consta de reunião com o representante da empresa envolvida, apresentando-se os resultados obtidos no passo anterior, avaliando-os e colhendo-se sugestões para assim finalizar a avaliação da ETAPA 2.

O resumo dessas atividades é apresentado na tabela abaixo:

PASSO	DESCRIÇÃO	OBJETIVO	DOCUMENTO ASSOCIADO
1	Quadro de Shingo dos níveis de automação.	Identificar o nível de automação do processo e as funções realizadas pelos operadores.	4 5
2	Características do Sistema Enxuto de Produção	Identificar as diferenças entre o estado atual e o ideal do processo.	6

Tabela 5.6 – Atividades da Etapa 2 da Pesquisa

BIBLIOTECA DE OPERAÇÕES – documento 5

Atividade da Produção	Trabalho do Operador
Preparação	• Separação • Limpeza • Remoção de embalagem • Alimentação do Processo • Distribuição/Movimentação • Corte, dobra, repuxo, costura, sopro, injeção, etc.
Acabamento Final	• Desengraxe • Lavagem / limpeza • Enxágüe • Tratamento Superficial • Polimento • Pintura de acabamento • Pintura base (e-coat, primer, KTL) • Usinagem
Montagem	• Montagem de partes (semi-acabado) • Pré-montagem componentes • Inserção de peças • Limpeza final
Validação do Produto	• Teste funcional (operação, manuseio) • Avaliação de parâmetros de qualidade (ruído, cor, brilho, vazamento, etc.) • Testes de segurança e desempenho (freios, velocidade, etc.)
Outras sugestões	

Tabela 5.7 – Biblioteca de Operações

TABELA DE FUNÇÕES DESEMPENHADAS PELO OPERADOR – doc 6

FUNÇÕES	DESCRIÇÃO	NÚMERO DE OPERAÇÕES
MANUAIS	• - • - • - • - • -	
MENTAIS	• - • - • - • - • -	

Tabela 5.8 – Funções desempenhadas pelo operador

ETAPA 3 – INDICADORES DE DESEMPENHO DO SISTEMA ENXUTO DE PRODUÇÃO

OBJETIVO

Analisar os indicadores de desempenho da Manufatura, utilizados no monitoramento do processo produtivo e das funções do Operador.

O foco desta análise é INTERNO ao processo.

Nesta etapa, busca-se encontrar as diferenças (*GAP*) entre os indicadores padrão (estado ideal) da automação, apresentadas por Shingo, e o estado atual do processo.

FLUXOGRAMA DE MEDIÇÃO DO NÍVEL DE AUTOMAÇÃO

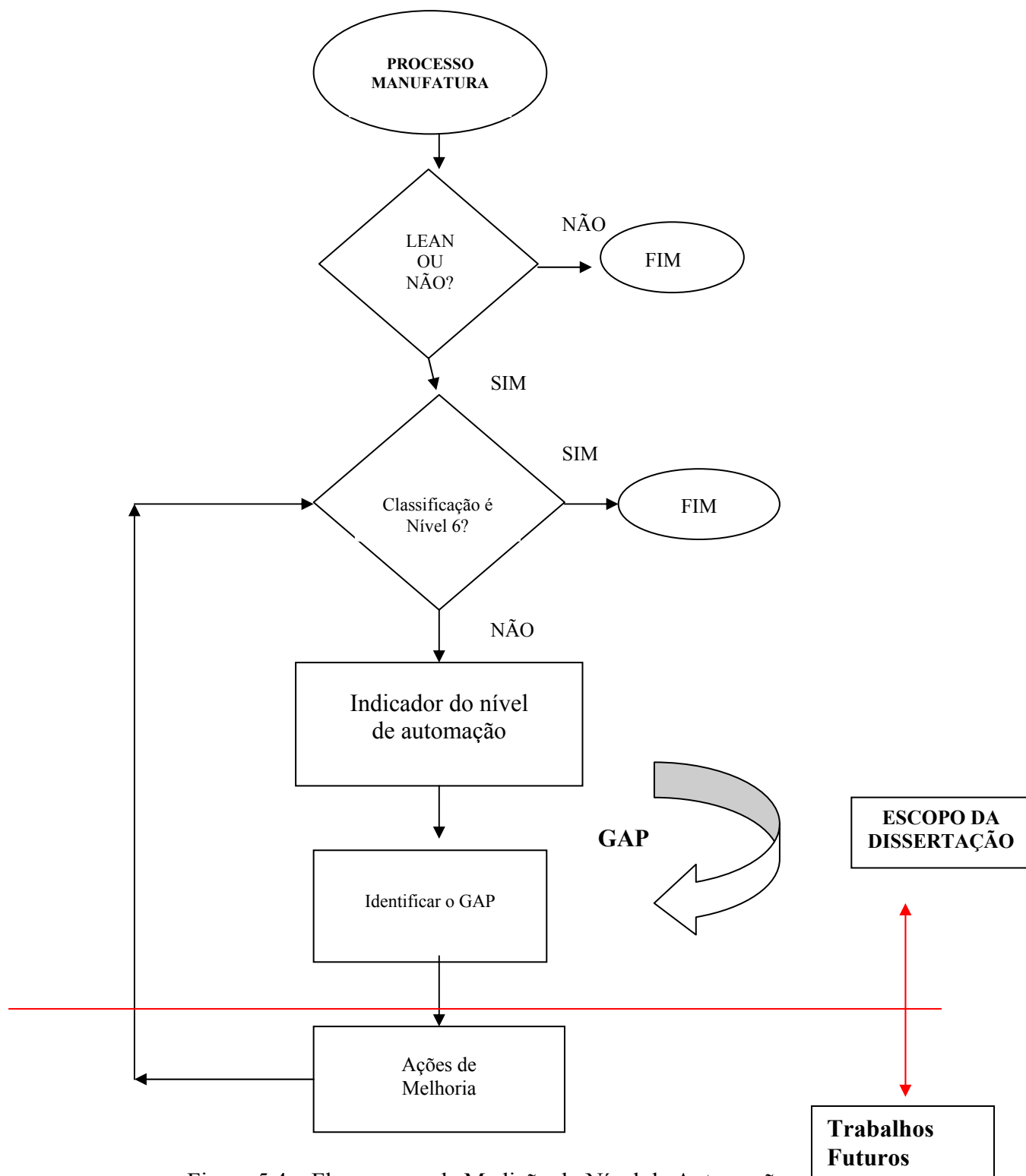


Figura 5.4 – Fluxograma de Medição do Nível de Automação

Fonte: Autor

Os passos para esta etapa são em número de três.

O primeiro destina-se a identificar os critérios de monitoramento do processo.

O segundo passo é utilizado para se mensurarem os critérios da organização, através de indicadores de desempenho.

O terceiro passo apresenta a lista de indicadores obtidos e a diferença deles para com os indicadores padrão.

A Tabela a seguir resume esses passos:

PASSO	DESCRIÇÃO	OBJETIVO	DOCUMENTO ASSOCIADO
1	Critérios de monitoramento	Identificar os critérios definidos pela organização/empresa	7
2	Indicadores de desempenho	Medir e determinar os valores dos indicadores	7
3	Avaliação do processo	Comparar os valores obtidos dos indicadores com o padrão e estabelecer a diferença (GAP)	8

Tabela 5.9 – Atividades da Etapa 3 da Pesquisa

O documento associado 7, Matriz de Indicadores de Desempenho, acompanha este arquivo em uma planilha no EXCEL.

CAPACITAÇÃO DO PROCESSO –doc 8

Critério de Monitoramento	Indicador de Desempenho Padrão	Indicador de Desempenho Medido	Diferença (GAP)
SEGURANÇA			
QUALIDADE			
MORAL			
CUSTO			
FLEXIBILIDADE			
TEMPO			
Outro sugerido			
Outro sugerido			
Outro sugerido			

Tabela 5.10 – Capacitação do Processo

ETAPA 4 – IDENTIFICAÇÃO DO NÍVEL DE AUTOMAÇÃO

OBJETIVO

Analisar as diferenças entre o estado atual de automação e operações manuais realizadas, comparando-as com o nível IDEAL de automação estabelecido por Shingo.

O resultado desta etapa será uma pré-seleção das fases do processo de manufatura, que sinalizam uma oportunidade para aplicação da automação.

Esta etapa é composta por 3 passos.

O primeiro passo é utilizado para se analisarem as diferenças entre o estado ideal e o atual de automação do sistema, priorizando-se as fases com resultados mais discrepantes (maior/menor valor).

O segundo passo é aplicado para se refinar a análise, identificando-se pontos críticos do processo, que podem comprometer o desempenho do sistema.

O terceiro passo é utilizado para se identificar a estratégia de automação e os prováveis recursos a serem implementados.

A tabela a seguir apresenta cenários de estratégias de automação e os correlaciona a recursos pertinentes.

ESTRATÉGIAS DE AUTOMAÇÃO

ESTRATÉGIAS	Recursos de Software e Ferramentas
Automação do planejamento e controle da produção	MRP; CAP
Automação da Engenharia	CAD, CAE, CAPP
Automação do Chão de Fábrica	<i>CAD/CAM, CAQ, ROBOT</i>
Automação do sistema de armazenamento de materiais	AGV, AS/RS

Tabela 5.11 - Exemplos de operações automatizadas em processos de manufatura

Movimentação:

- movimentação de peças entre posições definidas;
- transporte de peças entre esteira transportadora e máquinas operatrizes;
- carregamento e descarregamento de peças em máquinas operatrizes;
- carregamento e descarregamento de peças em magazines;
- paletização.

Processamento:

- soldagem por resistência elétrica (pontos) ou a arco (contínua);
- fixação de circuitos integrados em placas;
- pintura e envernizamento de superfícies;
- montagem de peças;
- acabamento superficial;
- limpeza através de jato d'água e abrasivos;
- corte através de processos por plasma, laser, oxicorte ou jato d'água;
- fixação de partes com parafusos, deposição de cola, rebites;
- empacotamento.

Controle de qualidade:

- inspeção por visão;
- verificação dimensional de peças através de sensores.

A Tabela abaixo apresenta um resumo dos passos desta etapa:

PASSO	DESCRIÇÃO	OBJETIVO	DOCUMENTO ASSOCIADO
1	Análise do estado atual	Estabelecer as discrepâncias entre o estado atual e o ideal	9
2	Pontos críticos do processo	Refinar a análise e identificar os pontos críticos	9 10
3	Estratégia de automação	Identificar a estratégia de automação à área relacionada e os recursos aplicáveis.	11

Tabela 5.12 – Atividades da Etapa 4 da Pesquisa

Obs. O documento associado 9 em planilha EXCEL e o documento 10, são apresentados nos anexos dessa dissertação.

ETAPA 5 – MÉTODO PARA A IDENTIFICAÇÃO DO NÍVEL DE AUTOMAÇÃO REQUERIDO

OBJETIVO

Apresentar e justificar a aplicação da Automação nas fases pré-selecionadas e priorizadas na etapa anterior, através dos indicadores de desempenho.

A tabela abaixo resume a justificativa dos pontos priorizados:

PRIORIDADE	FASE DO PROCESSO	JUSTIFICATIVA
		- - -
		- - -
		- - -
		- - -

Tabela 5.13 – Prioridades de Automação

Concluída esta fase, os resultados finais serão apresentados às empresas participantes da pesquisa.

Capítulo 6

6 REFINAMENTO E TESTE DA PESQUISA DE CAMPO

Neste capítulo, serão descritas as entrevistas com especialistas e a metodologia de pesquisa utilizada, apresentando os seus resultados.

6.1 O ESTUDO DE CASO

A Pesquisa de Campo foi realizada no Pólo Automotivo de Curitiba, no Estado do Paraná. Esse segmento econômico foi escolhido pelas razões a seguir:

- O fato de se efetuar o estudo de caso em empresas do mesmo ramo produtivo permite maior homogeneidade dos dados obtidos.
- O ramo automotivo classifica-se no tipo clássico de processo de produção do Sistema de Produção Enxuta.
- A cadeia automotiva permite uma maior comparação nos resultados a serem obtidos com a metodologia proposta.
- O tema é “*case*” mundial para o meio acadêmico, possibilitando uma ampla aplicação nas disciplinas da Gestão de Produção e Sistemas.

Os contatos preliminares com o nível de direção e gerencial das empresas, além dos doutores e mestres das universidades, sinalizou uma boa oportunidade de melhorar o sistema de produção enxuta. Foram escolhidos um grupo de empresas que representasse o perfil das dezenas de empresas do Pólo Automotivo da região, e um de Universidades com cursos de graduação e pós-graduação nas áreas de Produção e Automação.

O agendamento das pesquisas foi realizado pelo autor, mediante o envio prévio do roteiro de pesquisa, conforme o Anexo A, seguindo-se a realização de visita e entrevista com os principais gestores de produção das empresas e dos doutores nas universidades.

As entrevistas foram realizadas com base no roteiro citado, previamente elaborado, e tiveram duração máxima de 1 hora e 30 minutos, encerrando-se após essa etapa. No caso das indústrias, seguiu-se visita à Área de Produção, para a coleta de informações complementares e verificação das características e particularidades de cada uma delas.

6.2 CARACTERÍSTICAS DO POLO AUTOMOTIVO DE CURITIBA

O mercado automobilístico brasileiro está entre os 10 maiores do mundo, com uma produção de aproximadamente 2 milhões de unidades/ano, e tendo uma capacidade instalada que supera este valor, já em 2002 (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2002).

O mercado de veículos leves encontrava-se quase “cartelizado” até o início da década de 90, tendo 4 montadoras, GM, FORD, VWB e FIAT, a grande parcela da divisão de todo este bolo.

No início do governo Collor, em 1990, este mesmo mercado foi aberto à importação de veículos, com taxas de juro competitivas, que justificavam o preço pago por esses veículos em razão do grande diferencial tecnológico que ofereciam.

Em meados da década de 90, já durante o governo de Fernando Henrique Cardoso e do evento do Plano Real em 1994, o número de montadoras instaladas ou em vias de se instalarem no Brasil saltou de 4 para 17 empresas (FOLHA DE SÃO PAULO, 1998).

O cenário econômico brasileiro, em 1997, era de muito euforia e incentivava a vinda de empresas estrangeiras, em razão do Plano Real, que estabelecia um câmbio de um para um entre o real e o dólar norte-americano e uma inflação controlada e baixíssima.

Nesse cenário de atração de novas empresas, com vantagens significativas, é que o Pólo Automotivo de Curitiba é criado, beneficiando-se das novas regras para o regime automotivo e graças aos benefícios fiscais oferecidos pelo governo estadual e pela localização estratégica no âmbito do mercado sul-americano, notadamente o Mercosul.

Entre as montadoras dessa nova fase, a pioneira foi a Chrysler do Brasil, que se instala em Campo Largo, região metropolitana de Curitiba e sua cadeia de fornecedores e sub-fornecedores, inaugurando a sua fábrica em julho de 1998 (CHRYSLER, 1998).

A continuidade foi dada com a vinda da Renault do Brasil e da Volkswagen-Audi que tiveram as suas plantas inauguradas em 1999, na região de Curitiba.

A Cidade Industrial de Curitiba já contava com empresas do ramo automotivo instaladas desde o final dos anos setenta, sendo a precursora a Volvo do Brasil, seguida dos gigantes mundiais de auto-peças Bosch e Denso do Brasil.

O Pólo Automotivo da Região Metropolitana de Curitiba alcançou um valor total de exportações de US\$ 931 milhões em 2003, exportando veículos automóveis, tratores, ciclos e outros veículos terrestres, suas partes e acessórios. Corresponde a **25%** das exportações totais de veículos do Brasil (CIC, 2004).

As principais empresas exportadoras são:

1. Volkswagen do Brasil;
2. Volvo do Brasil;
3. Renault do Brasil.

Nos período que compreende a implantação do Pólo Automotivo, Curitiba passou por uma grande transformação e concedeu à região o título de segundo pólo do setor no país. O potencial de consumo aumentou para 8,2 bilhões de dólares por ano, o que gerou cerca de 70 mil postos de trabalho nos últimos cinco anos (AMCHAN, 2004).

As principais características do Pólo Automotivo, na região de Curitiba, segundo a CIC (2004), são:

1. Produtos: veículos leves, caminhões, ônibus, colheitadeiras, tratores, auto-peças e componentes.
2. Capacidade produtiva instalada: acima de 100 veículos/dia
3. Número de empresas instaladas: acima de 250 empresas, entre pequenas, médias e grandes.
4. Nível de emprego direto: 15000 postos.
5. Nível de empregos indiretos: 30000 postos.
6. Nível médio de salários na Produção: R\$ 800,00.
7. Produtividade: prevista 50 h / veículo.
8. Exportação: 25% do ramo automotivo brasileiro.
9. Ranking: 2º pólo automotivo do país.
10. Grau de escolaridade do trabalhador: 8 anos.

6.3 PERFIL DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS

As empresas entrevistadas foram em número de cinco, assim distribuídas:

- 1 montadora de veículos;
- 1 fornecedora de motores;
- 3 fornecedores de auto-peças.

As empresas que participaram da Pesquisa de Campo foram classificadas pelo critério do número de empregados, conforme o padrão estabelecido pelo SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas:²

- Pequena empresa: 20 a 99 empregados.
- Média empresa: 100 a 499 empregados.
- Grande empresa: acima de 500 empregados.

A Tabela 6.1 apresenta a classificação das empresas participantes:

² Qualidade e Produtividade na Indústria Brasileira. Rio de Janeiro: BNDES, CNI, SEBRAE, 1996.

Empresa	Porte da Empresa	Nome da Empresa	Tipo de Produto	Nº de Empregados	Origem da tecnologia	Existência no Brasil
A	Pequena	Inergy Automotive	Sistemas de Combustíveis	80	França/Bélgica	5 anos
B	Média	Brose do Brasil	Mecanismos de portas e bancos	300	Alemanha	5 anos
C	Média	Tritec do Brasil (Chrysler / BMW)	Motores de combustão á gasolina	300	USA/ Alemanha	6 anos
D	Grande	Faurecia do Brasil	Bancos para automóveis	650	França	5 anos
E	Grande	Não autorizado	Caminhões	900	Suécia	25 anos

Tabela 6.1 – Apresentação das Empresas Entrevistadas

FONTE: Empresas entrevistadas

As principais características do processo de manufatura das empresas pesquisadas estão resumidas na Tabela 6.2, que apresentam um processo de manufatura muito semelhante entre elas. Nos processos de obtenção das matérias-primas e insumos, no processo de transformação em si – máquinas, equipamentos, instalações, divisão do trabalho e qualificação das pessoas – identifica-se muita semelhança entre as empresas, independentemente do seu porte econômico e número de empregados. Pode-se justificar, em parte, essa semelhança, pela característica de processo de transformação, com utilização intensiva de mão-de-obra direta e níveis diferenciados de automação do processo industrial.

Característica	Descrição
Processo	O ramo automotivo caracteriza-se pela produção em 4 fases distintas: a) preparação das peças; b) pré-montagem; c) tratamento de superfície; d) montagem final, testes e embalagem.
Produção	Executada em sistema puxado, com cadência definida pelo cliente e entrega em JIT. As operações de linha de fabricação são um misto de operações manuais e automatizadas.
Tipificação da produção	A produção é realizada com produtos padronizados e <i>mix</i> de produção variado. A tecnologia do produto é sofisticada e utiliza-se de recursos de computação e sistemas automatizados, como CAM, MRP II e PLC.

Tabela 6.2 Características dos processos das empresas entrevistadas

FONTE: Empresas entrevistadas

6.4 DADOS OBTIDOS NA PESQUISA DE CAMPO

O objetivo deste tópico é o de apresentar os resultados da Pesquisa de Campo, compreendida em duas frentes:

- Acadêmica;
- Indústria Automotiva.

6.4.1 Pesquisa Acadêmica

A pesquisa acadêmica foi realizada junto a doutores na área de Engenharia de Produção e Automação, visando coletar suas impressões e validar a metodologia proposta e a sua consistência e aderência com métodos de análise científicos.

As entrevistas foram realizadas com os seguintes professores, em suas respectivas áreas de ensino:

- Profº Dr. Marcelo Cleto – UFPR - Engenharia
- Profº Dr. Fabio Favaretto – PUCPR - Engenharia
- Profº Dr. Guilherme E. Vieira - PUCPR - Engenharia
- Profº Dr. Luiz Erley – CEFET – PR - Engenharia
- Profº M.Sc. Carlos Fontanini - PUCPR – Administração

6.4.1.1 Avaliação do Processo

A pesquisa junto às universidades foi extremamente demandante, o tempo dedicado bastante grande, sendo realizada durante dois meses, e se fez necessário:

- preparar o material de apoio, utilizados como exemplos;
- a simulação das entrevistas para o controle do tempo utilizado;
- a preparação do pesquisador no uso da metodologia proposta;
- entrevistar os integrantes do grupo;
- a organização das informações coletadas e “passar a limpo”;
- a discussão com os orientadores do programa;
- a formatação final dos resultados para a dissertação.

Para a avaliação do processo, foram utilizados os seguintes recursos:

- Questionário de entrevistas
- Roteiro de Pesquisa
- Folha de Anotações

Questionário de entrevistas

O principal instrumento de coleta de dados foi a entrevista semi-estruturada, que busca maior liberdade e espontaneidade do entrevistado.

É designada semi-estruturada por ser feita com base em um roteiro cujas questões centrais deverão ser abordadas pelo entrevistado. As questões foram elaboradas a partir de teorias e informações prévias e forneceram dados que possibilitaram compreender a dinâmica das organizações. Obteve-se o relato da experiência laboral do entrevistado num contexto multicultural, cingido pelos temas, fatos e experiências que contribuíram para uma melhor compreensão dos fenômenos estudados nesta pesquisa.

A presente pesquisa utiliza-se da abordagem qualitativa de natureza interpretativa, por julgá-la mais adequada para atingir o objetivo deste trabalho. A pesquisa qualitativa possibilita “perceber o nível dos significados, motivos, aspirações, atitudes, crenças e valores, que se expressam pela linguagem comum e na vida cotidiana” (MINAYO, 1993).

Gil (1991) afirma que “o objeto de estudo refere-se ao mundo dos símbolos, dos significados, da subjetividade e da intencionalidade. Enfim, ao significado que as pessoas atribuem às suas vivências das relações sociais e culturais no interior das organizações”.

As entrevistas foram realizadas com a utilização de um questionário semi-estruturado, cujas perguntas se concentraram nos seguintes temas:

Sistema de Produção Enxuta

- Planejamento e decisão.
- Recursos Humanos.
- Padronização.
- Qualidade.
- Inovação.

Automação

- Energia.
- Programas de Instruções.
- Sistemas de Controle.
- Processo.

As questões propostas foram utilizadas como referência para o entrevistado apresentar os seus comentários e sugestões, relatando a sua experiência. Foram solicitadas, aos entrevistados, sugestões quanto ao nível dos participantes, quando da aplicação do questionário nas empresas, um passo além das críticas à metodologia.

Roteiro de Pesquisa

O roteiro de pesquisa foi apresentado no Capítulo 5 desta Dissertação e está apresentado no Anexo A.

Folha de Anotações

Neste formulário, o pesquisador registrou as impressões, comentários e sugestões recebidas no processo de entrevistas. Os campos existentes se prestaram ao registro das observações dos entrevistados, horários, cumprimento dos objetivos, tempo e resultados.

O material coletado serviu de base de dados para o estudo de caso, importante para garantir a confiabilidade do estudo (YIN, 1994).

A folha de anotações é mostrada no Anexo A.

6.4.1.2 Principais Contribuições

Apresentamos na Tabela 6.3 as principais contribuições obtidas nas entrevistas conduzidas na fase de refinamento da metodologia. As contribuições obtidas já foram inseridas no Capítulo 4, que discorre sobre a metodologia proposta.

Tabela 6.3 – Principais contribuições das entrevistas acadêmicas

CONTRIBUIÇÃO	COMENTÁRIO
Consistência da Proposta	• Shingo é uma referência confiável. • Questões cobrem os aspectos considerados. • Acompanhamento do entrevistado é um ponto positivo. • Maior flexibilidade com a entrevista, para obtenção da avaliação do entrevistado. • Estruturação demonstra muita consistência.
Elementos da Análise	• Objetivo claro no desenvolvimento do trabalho. • A análise da motivação dos operadores é importante. • Introduzir o conceito de cadência = peças/hora. • Conceituar indicadores e sua definição. • Apresentar gráficos para melhor enquadrar as propostas. • Deixar claro que acima do nível 5 o sistema está automatizado. • Incluir indicadores de H.O.T. – <i>Hands on traininig</i>. • Incluir no fluxograma o desenvolvimento das etapas.
Tecnologias Envolvidas	• Automação é integração entre as áreas de Engenharia Elétrica, Mecânica e Eletrônica. • Considerar as variáveis incontrolláveis e fazer <i>back-up</i> do sistema. • Trabalhar com banco de dados em Access / Visual Basic. • Redes Industriais – disponibilidade, consoles de campo, centralizado à arquitetura da rede no “chão de fábrica”. • Ganho produtivo com a automação X nível de qualidade, motivação e investimento realizado.

Normas de Certificação	• Considerar os aspectos das normas de Qualidade ISO 14000 – Meio Ambiente e ISO 18000 – Saúde Ocupacional. • Considerar a Produção Enxuta pensando no aspecto ambiental. • Utilizar tabelas individuais por processo.
Literatura	• Evitar a generalização para não cair em armadilhas. • Cuidado com as referências e correção dos textos e grafia. Artigos propostos: • FUJIMOTO – <i>Transforming Automobile Assembly</i> – 1997 • FERREIRA D. – Proposta de Metodologia para a adoção de AMT – 2004. • CLETO – Impacto em empresas do SPF – 2004. • GANGA – A integração da SPE e o TQC – 2002. • SEMEAD – A produção Enxuta no Brasil; O caso FORD – 1997. • SANTOS – Produção Enxuta Uma Proposta de Metodo – 2003. • FONTANINI – Volkswagen Rezende – 2003. • FONTANINI – VWB Modelo de Produção – 2003.
Resultado da Avaliação	• O trabalho é bastante original. • A metodologia é bastante eficiente. • O método de trabalho é bastante simples de ser aplicado. • A metodologia pode facilmente ser utilizada em consultorias. • Os objetivos serão atingidos. • Em tudo que envolve o ser humano, a nossa percepção é limitada. Este método auxilia no encaminhamento da solução deste problema. • O trabalho generaliza e ao mesmo tempo especifica as questões do SPE e automação.
Trabalhos Futuros	• Utilizar software de análise de dados – e.g. SFINX e SPSS. • Tratamento estatístico dos dados, para dar maior confiabilidade aos resultados. • Criar um modelo de simulação para o sistema atual.

6.4.1.3 Conclusões

A metodologia proposta obteve avaliação geral bastante positiva, tendo a sua formulação original inalterada e lógica inicial mantida, comprovando a sua utilidade para o objetivo proposto.

A segunda frente de pesquisa pode ser organizada e a metodologia experimentada na indústria automotiva, tema do próximo tópico.

6.4.2 Pesquisa na Indústria Automotiva

A pesquisa na indústria automotiva foi realizada através de entrevistas, procurando identificar a situação atual do sistema de produção das empresas, com o objetivo de identificar o nível de automação utilizado nos processos da área de manufatura.

Os resultados aqui apresentados dividem-se em duas categorias:

- Dados do questionário de entrevistas.
- Dados do quadro de indicadores de desempenho X nível de automação, proposto pelo autor no roteiro de pesquisa.

O Questionário

O questionário permitiu a obtenção de informações para as tabelas apresentadas a seguir, que representam uma síntese das respostas fornecidas pelos gestores entrevistados. Na Tabela 5.3, encontram-se as informações, de cada empresa, sobre o cenário do Sistema de Produção Enxuta analisado e a pontuação obtida no questionário de entrevistas. Esta pontuação avalia o maior grau de aderência, 10 pontos, na aplicação dos conceitos da Produção Enxuta estabelecidos por Shingo (1996).

Tabela 6.4 - Nível de aplicação do Sistema de Produção Enxuta

Empresa	A	B	C	D	E
Planejamento e decisão	7,40	9,90	8,50	5,70	9,00
Recursos Humanos	9,55	9,82	10,00	8,45	10,00
Padronização	9,50	10,00	10,00	8,17	9,17
Qualidade	10,00	10,00	10,00	7,00	10,00
Inovação	5,20	9,60	8,80	5,40	10,00
Média	8,33	9,86	9,46	7,10	9,63
Classificação	4º	1º	3º	5º	2º

Fonte: Questionário de Pesquisa

Na Tabela 6.5, encontram-se os dados obtidos do questionário de entrevistas, referentes ao nível de automação utilizado na empresa, e dos aspectos e vantagens encontrados. Esta pontuação avalia o maior grau de aderência, 10 pontos, na aplicação dos conceitos de Automação na Produção Enxuta estabelecidos por Shingo (1996), com base em Groover (2001).

Tabela 6.5 - Nível de utilização de automação

Empresa	A	B	C	D	E
Energia	10,00	10,00	7,00	10,00	10,00
Programa de Instruções	8,67	10,00	3,67	8,33	10,00
Sistemas de Controle	10,00	10,00	8,80	9,00	9,00
Processo	6,14	9,14	8,57	7,14	5,29
Média	8,71	9,71	5,52	7,38	8,43
Classificação	2º	1º	5º	4º	3º

A Tabela 6.6 apresenta o resultado geral do questionário aplicado, com a média de pontuação das empresas entrevistadas quanto ao nível de automação utilizado no Sistema de Produção Enxuta.

Tabela 6.6 - Resultado Geral da Pesquisa

Empresa	A	B	C	D	E
SPE	8,33	9,86	9,46	7,10	9,63
Automação	8,71	9,71	5,52	7,38	8,43
Média geral	8,52	9,79	7,49	7,24	9,03
Classificação	3°	1°	4°	5°	2°

Análise Preliminar dos Resultados

A análise dos resultados obtidos será objeto de explanação no Capítulo 7 desta dissertação, porém dela podemos retirar algumas considerações preliminares.

O critério de avaliação estabelece um nível de pontuação (*score*) de 100%, porém arredondaremos os resultados, utilizando-nos dos critérios de Algarismos Significativos:

- 0 a 5 – arredondamento inferior 0 (zero);
- 6 a 9 – arredondamento superior.

Assim procedendo, os resultados permitem as seguintes considerações sobre o grupo de empresas analisado:

- nível de aderência aos requisitos do Sistema Enxuto de Produção – 40%
- *gap* – oportunidade de melhoria do SPE – 60%
- nível de aderência aos requisitos de automação – 20%
- *gap* – oportunidade de automação – 80%
- 20% das empresas atendem a todos os requisitos (1 empresa)
- automação é critério de exclusão.

A Tabela 6.7 apresenta os *gaps* encontrados no SPE e na Automação, especificando a oportunidade de melhoria nas empresas analisadas.

Tabela 6.7 – *Gaps* Encontrados na Pesquisa

REQUISITO	INDICADOR	GAP
SPE – Sistema de Produção Enxuta	80 % das empresas não atendem aos requisitos	Nível de autonomia baixo das equipes de trabalho. Pouco inovadoras. Estrutura não encoraja a participação e trabalho em equipe.
Automação	60% das empresas não atendem aos requisitos	Baixo nível de automação no controle do processo. Baixo nível de interação dos operadores com os CIM. Baixo nível de automação do fluxo de informação.

FONTE; Pesquisa de Campo

A seguir, analisaremos os resultados considerando-se os critérios de Shingo em correlação aos níveis de automação requeridos pelo SPE.

Quadro de Indicadores de Desempenho

A atividade em questão baseia-se na aplicação do critério de diferenciação das empresas quanto aos indicadores de desempenho do processo, apresentada na tabela *customizada* de Shingo, proposta pelo autor e apresentada no Anexo A desta Dissertação.

O nível 5 de automação é a referência para a análise do atendimento aos critérios de automação no Sistema de Produção Enxuta.

O resultado do tópico anterior apresenta somente a empresa B, atendendo a todos os requisitos, e, assim, essa empresa será comparada com os indicadores propostos.

A Tabela 6.8 apresenta o cruzamento dos resultados com as informações coletadas na pesquisa de campo realizada na empresa

TABELA 6.8 – Indicadores de Desempenho X Nível de Automação

Critério de Monitoramento	Indicador de desempenho padrão	Indicador de desempenho medido	Diferença (<i>GAP</i>)
SEGURANÇA	Zero acidentes	• Zero acidentes com afastamento	zero
QUALIDADE	• PPM – 233 – 32	37 PPM	zero
MORAL	• 60 sugestões/ano • absenteísmo 1,0%	12 sugestões 1,5%	grande
CUSTO	• giro de estoque 10 vezes / ano	2	grande
FLEXIBILIDADE	• <i>mix</i> de produção • lançamento de novos produtos	Elevado – 6 produtos 2 em <i>try-out</i>	zero
TEMPO	• cadência de produção	30unid/hora	zero
Sugestão Custo do Investimento em Automação	• investimento em automação – US\$ em centena de milhares	Baixo 1 robô	zero
Sugestão Outro sugerido	• meio ambiente – peso de resíduos de processo	Certificação ISO 14000	zero
Robustes do processo/produto Outro sugerido	• Cp/cpk – acima de 1,67	Cp – 1,37 Cpk – 1,36	zero
Sugestão Taxa de acidentes TF1 e TF0	• Menor que 10000	N.I.	N.A.

FONTE: Pesquisa de campo

6.4.2.1 Principais Contribuições

A Pesquisa de campo permitiu uma grande interação com os entrevistados, em razão da familiaridade dos mesmos com o tema, que forneceram grandes contribuições ao projeto e encaminhamento dos trabalhos.

A Tabela 6.9 apresenta essas contribuições obtidas e que já foram inseridas no Capítulo 5, que discorre sobre a metodologia proposta.

Tabela 6.9 – Principais contribuições da pesquisa na indústria automotiva

CONTRIBUIÇÃO	COMENTÁRIO
Consistência da Proposta	• Questões cobrem os aspectos considerados. • Acompanhamento do entrevistado é um ponto positivo. • Estruturação demonstra muita consistência. • Proposta bastante aplicável em consultoria.
Elementos da Análise	• Redução da variabilidade do processo. • A análise da motivação dos operadores é importante. • Consultar o ABS – Alcoa Business System. • <i>Set-up time</i> é fundamental para o SPE. • Utilizar o indicador homem-hora/produto final. • Para a aprovação de investimento em automação é preciso aprovar a lucratividade.
Tecnologias Envolvidas	• Investimento em automação é razão do nível de disponibilidade de mão-de-obra. • Automação do chão de fábrica é razão do volume de produção. • Ganho produtivo com a automação X nível de qualidade, motivação e investimento realizado. • Utilizar o ANDON para o monitoramento da cadência. • Custo de robô: US\$ 500.000,00
Normas de Certificação	• Considerar a Produção Enxuta pensando no aspecto ambiental.
Literatura	• Utilizar Deming na abordagem da Qualidade. Artigos propostos: • O VIKING – Volvo do Brasil – maio 2004 • SPEAR – Learning to lead at Toyota – 2004. • TRITEC – headcount – julho 2004 • BROSE – Intern – abril 2004 • INERGY – Inergy – julho 2004.

Resultado da Avaliação	• A metodologia é bastante eficiente. • O método de trabalho é bastante simples de ser aplicado. • A metodologia pode facilmente ser utilizada em consultorias. • Os objetivos serão atingidos.
Trabalhos Futuros	• Analisar o grau de educação dos funcionários e o nível de automação. • Alterar o questionário para 4 alternativas de resposta. • Para se chegar ao 6 Sigma é necessária automação. • Analisar o <i>pay-back</i> da automação e retorno do investimento.

6.4.2.2 Conclusões

A Pesquisa de Campo desenvolvida nas 5 empresas do ramo automotivo foi extremamente bem sucedida, no âmbito da aplicação da metodologia e dos resultados obtidos.

A conclusão geral é de que o objetivo proposto foi atingido e comprovado pelos indicadores de desempenho, que indicaram uma grande aderência do nível de automação com o SPE.

A interação dos entrevistados com o tema e a terminologia utilizada reforçam os aspectos da preparação do trabalho ou lançamento do projeto, já validada durante o processo de entrevistas com os entrevistados do meio acadêmico.

Alguns pontos podem ser aqui destacados, pois conduziram a pesquisa a um resultado bem sucedido. São eles:

- Escopo da pesquisa – foco no objetivo proposto.
- Vocabulário – facilitou o entendimento dos conceitos, pois, é extremamente difundido no ramo automotivo.
- Escolha dos entrevistados – importante para o entendimento das questões exploratórias e andamento do trabalho (tempo de entrevistas).

- Envio prévio do material de pesquisa – fundamental para a preparação do entrevistado e do entendimento das questões.
- Cronograma de trabalho – fundamental para a preparação do pesquisador e da análise prévia da empresa.
- Modelo proposto – consistente com o tema e objetivo.

A conclusão final da pesquisa será tema do próximo capítulo, que apresentará considerações sobre a aplicabilidade da metodologia e limitações do método.

Capítulo 7

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo, apresentamos as conclusões finais dos resultados encontrados na dissertação e as sugestões a serem analisadas para trabalhos futuros.

7.1 Análise do Objetivo Proposto

O objetivo proposto para este trabalho está apresentado no capítulo 1 desta dissertação e está assim firmado:

“Desenvolver uma metodologia para avaliar o nível de automação no ambiente do Sistema de Produção Enxuta”.

O percurso adotado para o desenvolvimento do trabalho foi iniciado no Capítulo 2, com uma ampla revisão bibliográfica dos conceitos e princípios do Sistema de Produção Enxuta e da Automação.

Os conceitos de automação na bibliografia existente não abordam especificamente a utilização desta ferramenta no âmbito do SPE e dificulta, para os gestores de empresas, encontrarem um encaminhamento para a seleção de meios automatizados na Produção Enxuta.

Para Hayes e Pisano (1994), “defensores da abordagem tradicional da estratégia de manufatura e o sistema enxuto consideram a idéia de foco diferentemente. A idéia de que fábricas devem ser focadas em um restrito grupo de tarefas ou objetivos contínuos para serem aceitas nos Estados Unidos não está clara, e mesmo se uma dada instalação deve ser focada em produtos, processos ou regiões. Defensores do sistema enxuto, em contraste, vêem foco como um conceito externo, refletindo a longa fixação da América pela produção em massa.

Apesar das aparentes diferenças, ambas as abordagens falham em reconhecer que, como um sistema de manufatura é organizado, afeta não somente a sua performance presente, mas também, ao longo do tempo, as coisas que podem ser feitas facilmente ou dificilmente. Se e como uma fábrica deve ser focada, depende das capacidades que almeja construir”.

Slack (1993:13) e Corrêa e Giansi (1993) concordam quanto à relevância da função de produção, integrada à estratégia competitiva da empresa, porque visualiza a função de produção como forte alicerce do sucesso estratégico e, portanto, deveriam as empresas ter também uma visão estratégica das suas atividades de produção, concluindo que “pensar estrategicamente sobre o lado operacional dos negócios não é mais a contradição que um dia pareceu ser”.

Slack (2002), afirma que “pensar estrategicamente a manufatura é um reconhecimento de que a forma pela qual uma organização administra a sua operação de manufatura, tem um significativo efeito sobre sua possibilidade de proporcionar sucesso no mercado”. O caminho, seguindo a linha de raciocínio delineada pelo autor, é buscar competitividade por intermédio de uma vantagem em produção.

Para Evans (1997), os principais temas que mudaram o escopo da administração de operações, e que foram focados pelas empresas na sua atuação de mercado nos últimos anos, são:

1. Do foco interno, em custos e eficiência nos anos 60, evoluiu-se para um foco externo, provendo valor para os clientes por meio de qualidade, produtos adaptados às necessidades do mercado, resposta mais rápida e preços menores.

2. Mudança de um sistema de produção em massa, caracterizado por funções independentes, para um sistema de funções interdependentes, denominado de “produção enxuta” ou “*lean production*”.
3. Visando a satisfação do cliente, por resposta rápida e serviço, trocou-se o foco de tecnologia de manufatura para tecnologia de informação, como meio de atender aos objetivos de negócio.

Encontramos, assim, a oportunidade de propor uma metodologia que auxiliasse os gestores de empresas a encontrar o “gatilho” ou *drivers* para a automação de sistemas de manufatura, no âmbito da Produção Enxuta.

Assim entendemos, pois esta metodologia permitiria a criação de vantagem competitiva para as empresas, para:

- Eliminar os desperdícios de processo, notadamente nas operações manuais.
- Melhorar as relações de trabalho, pela eliminação de tarefas exaustivas a que os operadores estão expostos.
- Elevar o nível de confiabilidade dos processos produtivos, em razão da produção automatizada e repetitiva.
- Controlar as operações do “chão de fábrica” em tempo real.
- Eliminar variáveis incontroláveis do processo, como o humor ou motivação do operador.

O desenvolvimento da metodologia de avaliação do nível de automação no SPE foi iniciada com a utilização do modelo de Shingo (1996), que estabelecia o nível de automação ideal para o Sistema Toyota de Produção como o sendo o quinto em uma escala de seis níveis.

A abordagem de Shingo (1996) estabelece que o maior nível de automação não necessita da presença do operador no processo, para a execução de atividades manuais, e sim para a realização de atividades mentais ou processos decisórios, quando do aparecimento de defeitos ou panes no equipamento de processo. Assim, a recomendação do autor é o nível anterior de automação, ou quinto nível, que o autor denominou de *pré-automação* ou automação com um toque humano, pois o equipamento, não sendo dotado de processo de

correção de defeitos, requer a presença humana para a elaboração de tarefas de nível intelectual mais elevado, como a solução de problemas de qualidade, produtividade etc.

Seguindo esta premissa, elaboramos uma tabela de indicadores de desempenho de processo de manufatura, que correlaciona os níveis de automação com os critérios clássicos de medição de produção, que se inserem no âmbito da Segurança (operações e do operador), Qualidade, Custo, Produtividade, Moral (motivação do trabalhador), indicadores de meio-ambiente e outros sugeridos nas entrevistas de campo.

A elaboração da tabela customizada foi seguida da elaboração de roteiro de pesquisa que apresentamos no Capítulo 5 e está contido no Anexo A desta dissertação.

O roteiro de pesquisa, que inclui o questionário de avaliação do SPE, foi submetido preliminarmente ao meio acadêmico, para considerações e avaliação da sua aderência ao objetivo proposto. O percurso desta atividade foi seguido de entrevistas para a coleta de impressões e sugestões, com um grupo de 5 professores, com doutorado na área de Engenharia de Produção ou equivalente e refinar a metodologia que antecedeu o trabalho de campo, em forma de estudo de caso.

O resultado da pesquisa acadêmica foi extremamente encorajador, resultando em contribuições valiosíssimas dos entrevistados e que permitiram a consecução das atividades com um alto grau de confiança. As observações e contribuições dos entrevistados trouxeram a antecipação de atividades de preparação para os estudos de caso e contribuíram para aspectos relacionados a:

- Terminologia;
- literatura atualizada;
- comunicação dos processos;
- seleção das empresas e seus gestores;
- cronograma dos trabalhos.

Concluída a fase de refinamento, com as entrevistas, as atividades de estudos de caso foram iniciadas, conforme o planejamento elaborado, sendo então contatadas cinco empresas do Pólo Automotivo da Região Metropolitana de Curitiba.

Os casos pesquisados foram muito bem sucedidos e resultaram em contribuições importantíssimas para a metodologia proposta. O teste realizado com o roteiro de pesquisa refinou as questões da pesquisa e apresentaram contribuições, tais como:

- tipos de tecnologia de automação utilizados;
- metodologias de trabalho aplicadas no SPE;
- literatura atualizada;
- tecnologias de processo.

O perfil das empresas, mesmo todas sendo gigantes nas suas áreas, apresentou um grau de diversidade cultural que muito contribuiu para *insights* da abordagem utilizada para a aplicação dos conceitos de SPE e automação.

Assim, o pressuposto de Platts (1993), de que os processos devem ser testados em situações práticas, foi cumprido.

A conclusão final é de que o objetivo central proposto da dissertação foi atingido:

“Desenvolver uma Metodologia de Avaliação do Nível de Automação no Sistema de Produção Enxuta”

7.2 FUTURAS CONTRIBUIÇÕES

A aplicação dos resultados obtidos e os encaminhamentos futuros são os seguintes:

- A Metodologia proposta permite aos gestores de processos a visualização das oportunidades de melhoria no SPE, que tratamos nesta dissertação como *drivers* ou gatilhos para a automação. Faz-se necessária a consecução da pesquisa em grupo maior de empresas para aumentar as fontes de evidência e qualidade do estudo de caso (YIN, 2002).
- A utilização de metodologia específica de tratamento de dados, com a possível aplicação de técnicas estatísticas, contribuirá para maior confiabilidade dos resultados obtidos, principalmente no âmbito de indicadores de desempenho.
- Identificar no mercado *softwares* de técnicas estatísticas, sugeridos pelos entrevistados.
- Incluir estudos de viabilidade econômica na análise da utilização da automação e o retorno do investimento e lucratividade do negócio.
- Avaliar a utilização do BSC – Balanced Scorecard (KAPLAN, 1992), entre outros modelos de sistemas de mensuração do desempenho de processos de manufatura.
- Aprofundar o estudo da automação e os paradigmas da pré-automação no Sistema de Produção Enxuta.
- Aprofundar a análise da correlação entre o nível educacional do operador e as atividades requeridas no ambiente automatizado.
- Aprofundar o estudo da ergonomia no ambiente do SPE.
- Avaliar a inserção das Normas ISO 14000 e 18000 no contexto da SPE, seus requisitos e aspectos tecnológicos envolvidos.
- Analisar a confiabilidade do sistema da qualidade com os 6 Sigmas e as necessidades de automação no SPE.

Referências Bibliográficas

- ABRAMO, L. W. **A subjetividade do trabalhador frente à automação**. In: Automação e movimento sindical no Brasil. São Paulo: Hucitec, 1988.
- AMCHAN Câmara de Comércio Brasil – Estados Unidos. www.amchan.com.br, 2004.
- ANTUNES JUNIOR, José A., KLIEMANN NETO, Francisco J., FENSTERSEIFER, Jaime E. **Considerações críticas sobre a evolução das filosofias de administração de produção: Do "Just-in-Case" ao "Just-in-Time"**. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 49-64, jul/set 1989.
- BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- BOURNE, M.; MILLS, J.; WILCOX, M.; NEELY, A.; PLATTS, K. **Designing, implementing and updating performance measurement systems**. *International Journal of operations & production Management*, vol. 20, n.7, p.754-771, 2000.
- BOLWIJN, P. T.; KUMPE, T. Manufacturing in the 1990s – productivity, flexibility and innovation. *Long Range Planning*. v. 23, n. 4, p. 44-57, 1990.
- BROWN, M. **Keeping score: using the right metrics to drive world-class performance**. New York: Quality Resources, 1996.
- BROWNE, Jimmie; HARHEN, John; SHIVNAN, James. **Production management systems: an integrated perspective**. Second edition. Harlow: Addison Wesley, 1996.
- BRYMAN, Alan. **Research methods and Organization Studies**. London: Unwin Hyman, 1989.
- BURGELMAN, R., MAIDIQUE, M., WHEELRIGHT, S.; **Strategic Management of technology and innovation**. McGraw-Hill, 3rd edition, USA, 2001.
- CARVALHO, R.Q **Tecnologia e trabalho industrial: as implicações sociais da automação microeletrônica na indústria automobilística**. Porto Alegre: L& PM; 1987.
- CHAN, K. C. World-class manufacturing. *Industrial Management*. v. 93, n. 2, p. 5-12., 1993.
- CHANG, Richard Y.; YOUNG, Paul De. **Measuring organizational improvement impact**. San Francisco: Jossey-Bass/Pfeiffer, 1995.
- CHRYSLER *Chrysler Operating System*. Detroit – USA: Chrysler Corporation, 1998.
- CIC Cidade Industrial de Curitiba – www.cic.com.br, 2004.

CLETO, M.G. ET all. Proposta de Metodologia de Análise para Adoção de Tecnologias Avançadas de Manufatura. Society of Automotive Engineers, Inc. 2002 (Em edição)

CLETO, M.G. Impacto em empresas automotivas de grande porte do sistema de Produção Formalizado (SPF). UFPR, 2004 (em conclusão).

CONTADOR, José Celso (Coord.). **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

COPELIOVITCH, S. Estudo de Competitividade da Indústria de Equipamentos de Automação Industrial. MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia; FINEP; PADCT, Unicamp, Campinas, 1993.

CORREA, H.L. et al. PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO, 4ª ed. São Paulo, Atlas, 2001.

CORRÊA, Henrique L., GIANESI, Irineu G. N. **Just in Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas, 1993.

COUTROT, T. **L'entrepise neo-liberale, nouvelle utopie capitalist?: enquête sur les modes d'organisation du travail**. Paris, La Découverte, 1998.

COX, James F. How to schedule to improve manufacturing performance. **In: South African Production and Inventory Control Society Proceedings**, Durbin, South Africa: AFICS, p. 1-7, 1989.

DA SILVEIRA, G.; SLACK, N. **Exploring the trade-off concept** International Journal of Operations & Production Management, 2001; 21, 7; Academic Reaserch Library, p. 949

DAIMLERCHRYSLER DaimlerChrysler Operating System. DaimlerChrysler Corporation, USA: 2000. DaimlerChrysler Operating System - 2000

DANKBAAR, Ben. **Lean Production: Denial, Confirmation or Extension of Sociotechnical System Design?** Human Relations, [S.I.] v. 50, n.5, p. 567 – 582, 1997.

DIN: DIN 19245, PROFIBUS, **Process Field Bus**. Beuth Verlag, Berlin, 1990.

DIMNIK, T. P.; JOHNSTON, D. A. Manufacturing managers and the adoption of advanced manufacturing technology. **OMEGA International Journal of M Management Science**, v. 20 n. 1, p. 1-9, 1993.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

DRUCKER, P.F. **A pratica da administração**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1962.

DRURY C. **Cost control and performance measurement in an AMT environment**. Management Accounting, London, v. 68, n. 10, p. 40-42/46, Nov. 1990.

ECCLES, Robert G. The performance measurement manifesto. **Harvard Business Review**. p. 131-137, january-february 1991.

EVANS, James R. *Production/operations management: quality, performance and value*. Fifth edition. Saint Paul: West Publishing Company, 1997.

EVANS, H., ASHWORTH, G. *Who needs performance management ?* Management Accounting, London, v. 74, n. 11, p. 20-25, Dec. 1996.

FALCONI, V. C. *Controle de Qualidade Total (no estilo japonês)*. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1992.

FALCONI, V. C. *Qualidade Total – Padronização de Empresas*. Belo Horizonte. Fundação Cristiano Ottoni, 1992.

FALCONI, V. C. *Gerenciamento pelas Diretrizes*. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1996.

FAVARETTO, F. *Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica*. São Carlos, 2001, 223p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

FAVARETTO, F. *Gestão de Produção*, PUC, 2002. (Anotações de aula)

FERDOWS, K., DE MEYER, A. *Lasting improvements in manufacturing performance: in search of a new theory*. Journal of Operation Management. v. 9, n. 2, Apr. 1990.

FLEURY, A. *Regional Report – Brazil and Latin America*, International Journal of Operations and Production Management, Vol. 18 nº 7, pp. 661 – 662, MCB University Press, 1998

FOLHA DE SÃO PAULO Caderno de Economia, p.9, setembro 1998.

FREUND, E.; Buxham, H. J.: **Universal Workcell Controller – Application Experiences in Flexibel Manufacturing**. – Proc. IEEE/RS/GI International Conference on Intelligent Robots and Systems, Munich, 1994.

FREUND, E.; Maiwal, W.; Bauer, R.: **Flexible Workcell Control using Communication Standards**. Proc.11th ISPE/IEEE/IFAC International Conference on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future '95, London, 1995.

FREUND, E.; Rothert, B; Theis, K.; Uthoff J.: **Comprehensive Approach To Control of Flexible Manufacturing Systems**. – Alemanha: 1997.

FROST, Bob. *Measuring performance: using the new metrics to deploy strategy and improve performance*. Lima, Ohio: Fairway Press, 1998.

FUJIMOTO, T. **Transforming Automobile Assembly. Experience in automation and work organization**. U Jürgen e T. Fujimoto Ed. Cap. 4.1, Spring 1997.

GALBRAITH, Jay R. **Desining Organizations: an executive briefing on strategy, structure, and process**. San Francisco: Jossey-Blass, 1995.

GANGA, G.M.D. et al **A integração da Produção Enxuta e as ferramentas de análise e melhoria de desempenho: TQM, BSC**. São Carlos, 2003, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

GARVIN, D. A. **The Processes of Organization and Management**, Sloan Management Review [S.I.], v.39, n. 4, p. 33 – 90, Summer 1998.

GARVIN, D. A. Competing on the eight dimensions of quality. *Harvard Business Review*, p. 101-109, nov./dec. 1987.

GELDERS, L., MANNAERTS, P., MAES, J. **Manufacturing strategy, performance indicators and improvement programmes**. International Journal of Production Research, v. 32, n. 4, Apr. 1994.

GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O que é o método científico**. São Paulo: Pioneira, 1989.

GIANESI, Irineu G. N.; CORRÊA, Henrique Luiz. **Administração estratégica de serviços: operações para satisfação do cliente**. São Paulo: Atlas, 1994.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GOLDEMBERG, Miriam. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1999.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A Síndrome do Palheiro: garimpando informação num oceano de dados**. São Paulo: Educator, 1991.

GOLDRATT, E.M.; COX, J. **A Meta**. 2ª Ed. São Paulo: IMAM – Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1986.

GOLDRATT, Eliyahu; FOX, Robert E. **The race**. Croton-on-Hudson, NY: North River Press, 1986.

GOUVÊA DA COSTA, S. **Desenvolvimento de uma abordagem estratégica para a seleção de tecnologias avançadas de manufatura – AMT**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2003.

GOUVÊA DA COSTA, S.; PLATTS, K.; FLEURY, A. **Advanced Manufacturing Technology: defining the object and positioning it as an element of manufacturing strategy**. Curitiba: PUCPR, 2000.

GROOVER, M.P. **Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing**. 2nd ed. New Jersey : Prentice-Hall, 2001.

HALL, George M. **The Age of Automation: Technical Genius, Social Dilemma**. USA: Greenwood Publishing Group, Incorporated, 256 p. Agosto 1995.

HARRIS, R., ROTHER, M. **Creating Continuous Flow**. Brookline, MA – USA: SME – Society of Manufacturing Engineers / Lean Enterprise Institute, 2003.

HARRISON, A. **Continuous Improvement: the trade-off between self-management and discipline**. Integrated Manufacturing Systems. MCB University Press, UK, 2000

HAYES, R.; PISANO, G. Beyond world –class: the new manufacturing. *Harvard Business Review*, p.77-86, jan/feb. 1994.

HAYES, R.; WHEELWRIGHT, S. **Competing through manufacturing**. Harvard Business Review, p. 99-109, jan/feb. 1985.

HAYES, Robert H.; WHEELWRIGHT, Steven C. *Restoring our competitive edge: competing through manufacturing*. New York: John Wiley, 1984.

HENDERSON, Bruce D. The origin of strategy. *Harvard Business Review*, p. 139–143, nov.-dec. 1989.

HILL, Terry. *Manufacturing strategy: the strategic management of the manufacturing function*. London: Macmillan, 1985.

_____. *Manufacturing strategy: the strategic management of the manufacturing function*. Second edition. London: Macmillan, 1993.

HILL, F.E. Ford in: Collier's Encyclopedia. New York: Macmilian Educational Company; London and New York: P. F. Collier Inc. (1989)

HOUNSHELL, D.A. *From the American System to Mass Production*. Baltimore/London: The John Hopkins University Press, 1984.

JOHNSON, H. Thomas; KAPLAN, Robert S. *Relevance lost* - the rise and fall of management accounting. Boston: Harvard Business School Press, 1987

KAPLAN, Robert S. Measuring manufacturing performance: a new challenge for managerial accounting research. *The Accounting Review*. p. 686-703, october 1983.

_____. Yesterday's accounting undermines production. *Harvard Business Review*. p. 95-101, July-August 1984.

_____. One cost system isn't enough. *Harvard Business Review*. p. 61-66, january-february 1988.

_____. New systems for measurement and control. *The Engineering Economist*. v. 36, n. 3, p.201-218, Spring 1991.

_____. *The cost and performance revolution*. São Paulo, 06 maio 1999. Palestra proferida por ocasião do Seminário Internacional HSM, São Paulo, 1999.

Object Management Group: **Object Services Architecture**, Revision 8.0, OMG-Documnet 94-11-12, 1994.

KAPLAN, Robert S.; NORTON, David P. The "Balanced Scorecard": measures that drive performance. *Harvard Business Review*. p. 71-79, january-february 1992.

_____. Putting the scorecard to work. *Harvard Business Review*. p. 134-142, september-october 1993.

_____. Using the "Balanced Scorecard" as a strategic management system. *Harvard Business Review*. p. 75-85, january-february 1996.

_____. *The "Balanced Scorecard": translating strategy into action*. Boston: Harvard Business School Press, 1996a.

_____. *A estratégia em ação: "Balanced Scorecard"*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

_____. Having trouble with your strategy? Then map It. *Harvard Business Review*. p. 167-176, september-october 2000.

_____. *The strategy-focused organization: how balanced scorecard companies thrive in the new business environment*. Boston: Harvard Business School Press, 2000a.

KAPLINSKI, R. **Automation the tecnology and society**. (Harlow Longman, 1984)
In: El cambio tecnologico, la respuesta tripartite – 1982-1985, Madrid: MTSS, 1987.

KATAYAMA, Hiroshi; BENNET, David. **Lean Production in a Changing Competitive World: a Japanese perspective**. International Journal of Operations & Production Management, [S.I.], v. 16, n.2, p.8 – 23, 1996.

KRAFCIK, J. F. **Thiump of the Lean Manufacturing System**. Loan Management Review. Massachussets: MIT - Sloan School of Management, p: 41 – 52, outono 1988.

KUNIL, T. L. **The 21st Century Manufacturing Automation and the social impact**. In: proceedings of International Conference on Manufacturing Automation. Hong Kong, p. 21-29, april, 1997.

LACEY, R. **Ford, The Men and the Machine**. New York: Baltimore Books, 1986.

LEAN INSTITUTE. **Lean Thinking**. www.lean.org.br/pgs.htm. [18 jun. 2002]

LEONG, G. K.; WARD, P. T. The six Ps of manufacturing strategy. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 15, n. 12, p. 32-45, 1995.

LEONG, G. K.; SNYDER, D. L.; WARD, P. T. Research in the process and content of manufacturing strategy. *Omega International Journal of Management Science*. v. 18, n. 2, p. 109-122, 1990.

LEWIS, Clive. *A source of competitive advantage?*. *Management Accounting*, London, v. 71, n. 1, p. 44-46, Jan. 1993.

LOVEJOY, William S. **Integrated operations: a proposal for operations management teaching and research**. Production and Operations Management, [S.I.], v. 7, n.2, p, 107 – 124, summer 1996.

LOYOLA, S. **A automação da fábrica: a transformação das relações de trabalho**. Curitiba: Ed. do Autor, 1999. 195p.

MACDUFFLE, J.P. IN HARRISON (2000) *Human resource bundles and manufacturing performance: organizational logic and flexible production systems in the world auto industry*. Industrial and Labour Relations Review, Vol. 48 nº 2, pp. 197-221, Miles and Huberman UK, 1995.

MARTINS, Roberto Antonio. *Sistemas de Medição de Desempenho: Um Modelo para Estruturação do Uso*. São Paulo: 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MILLEN,R.; SOHAL, A. Planning process for advanced manufacturing technology by large american. **Tecnovation**, v. 18, n. 12. p. 741 – 750, 1998.

MILLS, John; PLATTS, Ken; GREGORY, Mike. A framework for design of manufacturing strategy processes: a contingency approach. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 15, n. 4, p. 17-49, 1995.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**. São Paulo: HUCITEC, 1993.

MUSCAT, Antonio R. N.; FLEURY, Afonso C. C., Indicadores da qualidade e produtividade na indústria brasileira. **Revista Indicadores da Qualidade e Produtividade**. v. 1, n. 2, p. 82-107, set. 1993.

NADLER, David; ANCONA, Deborah. Trabalho em equipe na cúpula: criação de equipes executivas que funcionam. **Arquitetura Organizacional**. Rio de Janeiro: Campus, 1994. p. 189-209.

NAKANO, Davi Noboru. **Métodos de pesquisa na Engenharia de Produção**. São Paulo: Escola Politécnica – USP, 2001.

NEELY, A.; MILLS, J.; PLATTS, K.; GREGORY, M.; RICHARDS, H. Realizing strategy through measurement. **International Journal of Operation & Production Management**, v.14, n.3, 1994.

NEELY, Andy et al. Performance measurement system design: developing and testing a process-based approach. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 20, n. 10, p. 1119-1145, 2000.

NEELY, A.; The Performance Measurement Revolution: why now and what next? **Internationa Journal of Operations & Production Management**, vol. 19, n.2, p. 225 – 228, 1999.

N.N.: LUCAS2 – **Die flexible Zellesteuerung**. Institut für Roboterforschung, Dortmund, 1996.

NOBLE, D.; **Forces of Production: A Social History of Industrial Automation**. Oxford University Press, 1990.

O ESTADO DE SÃO PAULO Caderno do Automóvel. P. 3, abril de 2002.

OHMAE, Kenichi. **The mind of the strategist: business planning for competitive advantage**. New York: Penguin Books, 1983.

OHNO, Taichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLVERA, Laura E. C. **Industrial Make or Buy Decisions: developing a framework and a practical process**. Cambridge University, 2000.

OSTRENGA, M. R. *et al.* **Guia da Ernst & Young para Gestão Total dos Custos**. Rio de Janeiro: Record, 1993.

OTA – OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESTMENT. **Computerized Manufacturing Automation: Employment, Education, and the Workplace**

(Washington, D. C.: U.S. Congress, OTACIT- 235, April 1984).

PINHEIRO DE LIMA, E. **Uma Modelagem Organizacional Baseada em Elementos de Natureza Comportamental**. Florianópolis: UFSC, Tese de Doutorado, 2001.

PINTO, J.C., PIRES, S.R. **Indicadores do desempenho competitivo na gestão estratégica da manufatura**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17; 1997. Gramado, RS. **Anais**, Multiview Informática e Multimídia, 1997. CD-Rom.

PIRES, Silvio R. I. **Gestão estratégica da produção**. Piracicaba: Editora Unimep, 1995.

PLATTS, K. Manufacturing audit in the process of manufacturing formulation. 1990. Tese (Doctor of Philosophy). Engineering Department, University of Cambridge. Cambridge, UK, 1990.

PLATTS, K. A process approach to researching manufacturing strategy. *International Journal of Operations & Production Management*, v.13, n. 8, p. 4- 17, 1993.

PLATTS, K. Characteristics of methodologies for manufacturing strategy formulation. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, v. 7, n. 2, p. 93-99, 1994.

PORTER, Michael E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, 1986.

PORTER, Michael E. **What is Strategy ?** *Harvard Business Review*, Boston, v. 74, n. 6, p. 61-78, Nov./Dec. 1996.

_____. **Vantagem competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

_____. Da vantagem competitiva à estratégia corporativa. In: MONTGOMERY, Cynthia A.; PORTER, Michael E. (Org.) **Estratégia: a busca da vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1998. p. 237-269.

_____. **Competição: estratégias competitivas essenciais**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

PRAHALAD, C. K. e HAMEL, G. The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, p. 79-91, may-june 1990.

RICHARDSON, Peter R. e GORDON, John R. M. Measuring total manufacturing performance. *Sloan Management Review*, v. 21, n. 2, p. 47-58, winter 1980.

ROCKART, John F. Chief executives define their own data needs. *Harvard Business Review*, p. 81-93, march-april 1979.

SANTOS, Antonio Raimundo dos. **Metodologia científica: a construção do conhecimento**. Rio de Janeiro: DP&A Editora, 1999.

SALERNO, M. S. **Projeto de organizações integradas e flexíveis: processos, grupos e gestão democrática via espaços de comunicação-negociação**. São Paulo: Atlas, 1999.

SCHIMTZ, H.; CARVALHO, R.Q. **Automação, competitividade e trabalho**. São Paulo; Hucitec, 1988.

SCHONBERGER, Richard J. ***World class manufacturing: The lessons of simplicity applied***. New York: The Free Press, 1986.

_____. ***Fabricação classe universal: a próxima década***. São Paulo: Futura, 1997.

SEBRAE, BNDES, CNI, Qualidade e Produtividade na Indústria Brasileira. Rio de Janeiro: 1996

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 17. ed. São Paulo: Cortez Editora, 1991.

SHANK, John K., GOVINDARAJAN, Vijay. ***Gestão Estratégica de Custos: a nova ferramenta para a vantagem competitiva***. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2ª. Edição Porto Alegre: Bookman, 1996

SHINGO, S. **Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas**. Porto Alegre: Bookman, 1996

SILVA, Edna Lúcia da e MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2000.

SIMONS, Robert; DÁVILA, Antonio. Qual a magnitude do retorno sobre gestão? In: Havard Business Review. ***Medindo o desempenho empresarial***. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

SINK, D. Scott; TUTTLE, Thomas C. ***Planejamento e medição para a performance***. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

SITTER, L. U. et al. **From complex organizations with simple jobs to simple organizations with complex jobs**. Human Relations, v. 50, n. 5, p. 497 – 534, 1997.

SKINNER, W. Manufacturing: missing link in corporate strategy. ***Harvard Business Review***. p. 136-145, may-june 1969.

_____. ***Manufacturing in the corporate strategy***. New York: John Wiley, 1978.

_____. ***Manufacturing: the formidable competitive weapon***. New York: John Wiley, 1985.

SLACK, Nigel. ***The manufacturing advantage: achieving competitive manufacturing operations***. London: Mercury, 1991.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. 2º ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, N. **Vantagem Competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. Tradução Sonia Maria Corrêa. São Paulo: Atlas, 1993.

SPEARS, S.; BOWEN, H., K. **Decoding the DNA of the Toyota Production System**. Harvard Business Review, [S.I.] p. 96 – 106, 1999.

STALK, G. Time – the next source of competitive advantage. *Harvard Business Review*, p. 41-51, jul./aug. 1988.

STEVENSON, William J. *Production/operations management*. Fifth edition. Boston: Irwin, 1996.

SOUZA, Flávio. **O Porquê do CIM**. Belo Horizonte: Caderno de Engenharia, n.5, p. 13-16, PUC-MG, jun-1995.

TAYLOR, Frederick Winslow. **Princípios do Administração Científica**. 8ª edição São Paulo: Atlas, 1995.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 1986.

THOMPSON, John L. *Strategic management: awareness and change*. Second edition. London: Chapman & Hall, 1993.

TOYOTA **Toyota Production System** *Toyota Motor Company* Japão: TPS, 1996.

TUBINO, D.F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2ª ed. São Paulo, Atlas, 2000.

TUBINO, D. F., DANNI, T. S. **Avaliação operacional no ambiente Just-in-time**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 16; 1996. Piracicaba. **Anais**, São Paulo: 1996.

VOLLMANN, Thomas E. Performance measurement: a key to competitive survival in the 1990's. In: *Proceedings of the 1989 Academic-Practitioner Liaison Operations Management Workshop*. p. 43-53. Falls Church, VA: APICS, 1989.

VOLVO – Volvo do Brasil Ltda. O Viking. Curitiba, Volvo, maio 2004.

VOSS, C. Managing advanced manufacturing technology. *International Journal of Operations & Production Management*, v.6, n. 5, p. 4-7, 1986b

VOSS, C. Implementation: a key issue in manufacturing technology – the need for a field of study. *Research Policy*, v. 17, p. 55-63, 1988

WOMACK, J.P. et al. **The Machine that changed the world**. New York, Macmillan, 1990

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROSS, D. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in you Corporation*, Simon e Schuster, New York, 1996.

WARD, P.T.; DURAY, Rebecca. Manufacturing strategy in context: environment, strategy competitive and manufacturing strategy. *Journal of Operations Management*, n. 18, p. 123-138, 2000.

WHEELWRIGHT, Steven C. Reflecting corporate strategy in manufacturing. *Business Horizons*. p. 57-66, feb. 1978.

_____. Manufacturing strategy: defining the missing link. *Strategic Management Journal*. v. 5, p. 77-91, 1984.

WHEELWRIGHT, Steven C.; HAYES, Robert H. Competing through manufacturing. *Harvard Business Review*. p. 99-109, January February 1985.

WILD, Ray. *Production and operations management: principles and techniques*. 2a. Ed. London: Holt, Rinehart and Winston, 1979.

YIN, Robert K. **Case Study research: design and methods**. Sage: Thousand Oaks, 1994.

YUSSUFF, R.M. et al. A Preliminary Study on the Potential Use of Analytical Hierarchical Process (AHP) to Predict Advanced Manufacturing Technologies Implementation. **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, pp. 421-427, 2001.

ZARIFIAN, P. Eventos, autonomia e “enjeux?” na organização industrial. Águas de Lindóia, dez. 1996 a.

ZARIFIAN, P. Organização e sistema de gestão: à procura de uma nova coerência. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 4, n. 1, p. 76-87, abr. 1997.

ZILBOVICIUS, M. Tecnologia, engenharia e automação: estudo de um caso de mudança tecnológica em uma montadora de automóveis no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1987.

Anexos

WORK TIME RATIO (Porcentagem do Tempo Trabalhado)

Cálculo

Takt time / line speed: _____(A)

Operator walk time: _____(B)
(Tempo em que o operador caminha)

Operator Material Handling Time: _____(C)
(Tempo de manuseio de material pelo Operador)

Operator wait time: _____(D)
(Tempo de espera do operador)

Work Time Ratio =

$$\frac{A - B - C - D}{A} \times 100\%$$

Tópicos a serem considerados

- Layout da estação
- Fluxo do processo
- Eficiência dos equipamentos de trabalho
- Instruções de trabalho seguidas
- Posição inicial do operador
- Distribuição do material
- Alimentação de material em pequenos lotes
- Sequência de entrega (finalização)
- Ferramentas manuais no local
- Pick & Pack (peças na montagem)
- Kanban
- Pull system
- Footprinting (5 S's)
- Balanceamento de linha
- Redistribuição de operações
- FTC – First Time Capability
- Operadores multifuncionais

O Work Time Ratio deve ser maior ou igual a 85%, para a estação de trabalho ser considerada otimizada.

No caso deste valor ser inferior a 85% a aplicação de meios automatizados pode ser uma solução a ser aplicada.

TABELA INDICADORES X NIVEL

Grau Automação	CEP (SIGMA)	PPM	Cp	Cpk	Custo (Má Qualidade)	Segurança	Moral	Produção	Tempo	Inovação	Flexibilidade
1	1,0 – 1,5	670000 - 500000	incapaz	incapaz	Maior 40% Giro do estoque	Acidentes LER	Menos de 12 sug/func/ano absenteísmo	Batch Scrap TRS	1) Lead time 2) Horas / produto 3) Cycle time	1) Lançamentos 2) Func/veículos	Mix produção; Qualidade do produto
2	2,0 – 2,5	308000 - 158000	incapaz	incapaz	30 – 40 % Giro do estoque	Acidentes LER	Menos de 12 sug/func/ano absenteísmo	Batch Scrap TRS	1) Lead time 2) Horas / produto 3) Cycle time	1) Lançamentos 2) Func/veículos	Mix produção; Qualidade do produto
3	3,0 – 3,5	66000 – 22700	1,0	0,5	20 – 30% Giro do estoque	Acidentes LER	Menos de 12 sug/func/ano absenteísmo	Batch Scrap TRS	1) Lead time 2) Horas / produto 3) Cycle time	1) Lançamentos 2) Func/veículos	Mix produção; Qualidade do produto
4	4,0 – 4,5	6200 – 1350	1,33	0,83	15 – 20% Giro do estoque	Acidentes LER	Menos de 12 sug/func/ano absenteísmo	Batch Scrap TRS	1) Lead time 2) Horas / produto 3) Cycle time	1) Lançamentos 2) Func/veículos	Mix produção; Qualidade do produto
5	5,0 – 5,5	233 – 32	1,67	1,17	10 – 15% Giro do estoque	Menos acidentes	60 sug/func/ano absenteísmo	Pull TKT Scrap TRS	1) Lead time 2) Horas / produto 3) Cycle time	1) Lançamentos 2) Func/veículos	Mix produção; Qualidade do produto
6	6,0	3,4	2,0	1,5	Menor 10% Giro do estoque	Zero acidentes	Mais de 60 sugestões/func./ano absenteísmo	Pull TKT Scrap TRS	1) Lead time 2) Horas / produto 3) Cycle time	1) Lançamentos 2) Func/veículos	Mix produção; Qualidade do produto

AUTOMAÇÃO

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)