

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA DE SISTEMÁTICA PARA
IMPLANTAÇÃO DE
TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS**

Gustavo Kannenberg

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Engenharia

Porto Alegre
1994

ESCOLA DE ENGENHARIA
BIBLIOTECA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - PPGE

**PROPOSTA DE SISTEMÁTICA PARA
IMPLANTAÇÃO DE
TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS**

Gustavo Kannenberg

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGE como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gerência de Produção

Porto Alegre

1994

Esta dissertação foi julgada adequada à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: Prof. Francisco José Kliemann Neto
Dr. pelo INPL - França

Banca Examinadora:

Prof. Jaime Evaldo Fensterseifer
Ph.D. pela UCLA - EUA

Prof. João Luíz Becker
Ph.D. pela UCLA - EUA

Prof. Henrique Luíz Corrêa
Ph.D. pela Warwick Business School - Inglaterra

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha família, mas, principalmente, à minha filha Anna Karina Kannenberg.

Agradeço aos colegas, amigos e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação. Agradeço em especial ao prof. José Antônio Valle Antunes Jr. por sua dedicação, compreensão e, em destaque, pela real orientação deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FÓRMULAS	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação	1
1.2. Objetivos do Trabalho	3
1.3. Relevância do Trabalho	4
1.4. Metodologia do Trabalho	5
1.5. Troca Rápida de Ferramentas - Aspectos Básicos	6
1.6. Vantagens e Implicações da Troca Rápida de Ferramentas	7
CAPÍTULO 2 - CONTEXTUALIZAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS	10
2.1. A Troca Rápida de Ferramentas no Contexto JIT/TQC	10
2.2. O Que é Troca Rápida de Ferramentas	14
2.3. Histórico da Redução do Tempo de Preparação	17
2.4. Aspectos Gerais da Necessidade da Troca Rápida de Ferramentas	19
2.4.1. O Aspecto Macroeconômico	19
2.4.2. O Aspecto Microeconômico	20
2.5. Estoques: EUA x Japão	22
2.6. Estoques x Troca Rápida de Ferramentas	26
2.6.1. Sincronização	28
2.6.2. Balanceamento	32
2.6.3. Altos Tempos de Preparação de Máquinas - <i>Setup</i>	33
2.6.4. <i>Layout</i>	35
2.6.5. Qualidade	36
2.6.6. Manutenção	38

2.7. Visão Estratégica da Troca Rápida de Ferramentas Associada à Questão JIT/TQC	38
CAPÍTULO 3 - ANÁLISE DAS PRINCIPAIS METODOLOGIAS DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS EXISTENTES NA LITERATURA	41
3.1. Introdução	41
3.2. Metodologias Encontradas na Literatura Aberta	42
3.2.1. Shigeo Shingo	42
3.2.2. Yasuhiro Monden	43
3.2.3. Roy L. Harmon e Leroy D. Peterson	44
3.2.4. Edward J. Hay	45
3.2.5. Robert W. Hall	49
3.3. Análise das Metodologias Apresentadas e Proposta Preliminar de uma Sistemática Geral	50
CAPÍTULO 4 - PROPOSTA DE SISTEMÁTICA DE IMPLANTAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS	52
4.1. Introdução	52
4.2. Proposta de Sistemática de Implantação	53
4.2.1. O Nível Estratégico	54
4.2.2. O Nível Tático	59
4.2.3. O Nível Operacional	74
CAPÍTULO 5 - TÉCNICAS DE OPERACIONALIZAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS	77
5.1. Introdução	77
5.2. As Técnicas de Operacionalização Segundo a Sistemática Geral Proposta	78
5.3. As Técnicas de Operacionalização Segundo Cada Autor	90
CAPÍTULO 6 - COMENTÁRIOS SOBRE A IMPLANTAÇÃO PRÁTICA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS	93
6.1. Introdução	93
6.2. A Fábrica de Brinquedos	93
6.2.1. Descrição do Setor de Usinagem de Plásticos	94
6.2.2. Sistemática de Trabalho	97

6.2.3. Realizações Práticas	102
6.2.4. Análise Crítica	106
6.3. A Fábrica de Móveis	108
6.3.1. Sistemática de Trabalho	110
6.3.2. Realizações Práticas	112
6.3.3. Análise Crítica	113
CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES	114
CAPÍTULO 8 - RECOMENDAÇÕES DE CONTINUIDADE	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS	121
Anexo A. Terminologias e Nomenclatura	121
A.1.1. Definição de Tempo de Troca de Ferramenta Segundo Cada Autor	121
A.1.2. As Etapas de Preparação Internas e Externas	122
A.1.3. Ferramentas, Dispositivos, Instrumentos, Chaves, Ferramental e Materiais	122
A.2. Custo e Tempo de Preparação	123
Anexo B. Uma Tipologia de Artigos Referentes à Troca Rápida de Ferramentas	124
Anexo C. A Metodologia Proposta	126

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1	Tamanho de Lote x Custo de Troca de Ferramentas (<i>Setup</i>)	8
Fig. 2.1	Como Custos, Quantidade, Qualidade e Respeito às Condições Humanas são Melhoradas Pelo Sistema Toyota de Produção	11
Fig. 2.2	Tempo de Preparação Antes da Troca Rápida de Ferramentas	16
Fig. 2.3	Tempo de Preparação Após a Troca Rápida de Ferramentas	16
Fig. 2.4	Custos de Preparação x Custos de Estocagem	21
Fig. 2.5	Custo de Preparação x Custo de Estocagem (EUA)	24
Fig. 2.6	Custo de Pedido x Custo de Estocagem (EUA)	24
Fig. 2.7	Custo de Pedido e de Preparação x Custo de Estocagem (Japão)	25
Fig. 2.8	Tempo de Processamento com Lote de Fabricação Igual ao Lote de Transferência	29
Fig. 2.9	Tempo de Processamento com Lote de fabricação Maior que o Lote de Transferência	30
Fig. 2.10	Estocagem na Expedição (Exemplo da Fig. 2.9)	31
Fig. 2.11	Estocagem na Expedição (Exemplo da Fig. 2.8)	32
Fig. 2.12	Antes da Troca Rápida de Ferramentas	34
Fig. 2.13	Após a Troca Rápida de Ferramentas	35
Fig. 4.1	Organização Típica de uma Empresa Industrial de Porte Médio	58
Fig. 4.2	Saída de Peças do Centro de Usinagem	62
Fig. 4.3	Saída de Peças do Torno, da Fresa e da Furadeira, em seqüência	62
Fig. 6.1	Máquina Injetora	95
Fig. 6.2	Máquina Sopradora	96
Fig. 6.3	Sistema de Fixação por meio de Lachas	97
Fig. 6.4	Protótipos em Madeira para Treinamento	100
Fig. 6.5	Detalhes de Refrigeração de Matrizes	107
Fig. 6.6	Esboço das Peças Fabricadas na Perfiladeira	110
Fig. 6.7	Máquina Perfiladeira	111

LISTA DE TABELAS

Tab. 1.1	Desempenho da Indústria Brasileira	4
Tab. 5.1	Técnicas Operacionais Propostas por Cada Autor	91

LISTA DE FÓRMULAS

Fórm. 2.1	Cálculo do Lote Econômico de Fabricação	20
Fórm. 2.2	Custo Total	21

RESUMO

Existem, atualmente, diversas metodologias de implantação da Troca Rápida de Ferramentas. Entretanto, a sua maioria dedica-se aos aspectos técnicos do processo de otimização da troca de ferramentas. Existe pouca preocupação em desenvolver um ambiente propício à implantação, praticamente negligenciando aspectos gerenciais e administrativos que permitem um planejamento, a curto, médio e longo prazos, de uma implantação global (em toda empresa) da Troca Rápida de Ferramentas. Procura-se, neste trabalho, desenvolver uma sistemática de implantação de Troca Rápida de Ferramentas que supra estas deficiências.

Inicialmente, apresenta-se a Troca Rápida de Ferramentas como parte integrante e essencial do sistema JIT/TQC de produção, ressaltando-se as interrelações entre Troca Rápida de Ferramentas, estoques, redução de *lead-time* (tempo de atravessamento) e competitividade da empresa.

A seguir, apresentam-se e analisam-se as diversas metodologias de implantação encontradas na literatura, propondo-se, a partir de uma combinação conveniente de seus elementos coincidentes e complementares, uma nova metodologia de implantação que, no entanto, permanece com as deficiências das metodologias originais.

Esta metodologia é analisada e criticada, propondo-se, então, uma sistemática que desenvolva um ambiente favorável à implantação e que permita um planejamento lógico e sistemático do processo de implantação global da Troca Rápida de Ferramentas.

As técnicas de operacionalização normalmente utilizadas para atingir a Troca Rápida de Ferramentas são apresentadas de acordo com a sistemática proposta.

Finalmente, seguem-se comentários sobre a implantação da sistemática em duas empresas de ramos distintos de atuação e as conclusões finais do trabalho.

ABSTRACT

Nowadays, there are several Short Setup Time implementation methodologies. However, greatest part of them are devoted to technical aspects of the setup optimization. There is little preoccupation on developing a favourable environment for implementation and on managerial aspects that allow short, middle and long term planning of a global Short Setup Time implementation process (in the whole company). This work aims to give raise to a Short Setup Time implementation method that supresses those deficiencies.

Initially, Short Setup Time is presented as an essential part of the JIT/TQC production system, emphasizing Short Setup Time, inventories, lead-time and company competitiveness relations.

Different implementation methodologies found in the literature are presented as well as analysed within this study. A suitable combination within coincident and complementary points of those methodologies originates a new methodology that, newertheless, keeps the deficiencies of the original ones.

This methodology is then analysed and a new methodology that considers the development of a favourable environment for implementation and that allows a logical and systematic planning of a global Short Setup Time implementation process is proposed.

Operationalization techniques commonly applied to reduce setup times are then presented accordingly to this methodology.

Finally, comments on the methodology application in two different companies are made and final conclusions are stated.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação

Esta dissertação está organizada da seguinte forma:

O primeiro capítulo consiste da apresentação da estrutura do trabalho, dos seus objetivos, da sua relevância, da metodologia empregada no seu desenvolvimento e de uma introdução ao assunto da Troca Rápida de Ferramentas, bem como as suas vantagens e implicações.

O segundo capítulo procura relacionar firmemente a Troca Rápida de Ferramentas com o objetivo de flexibilizar e agilizar a produção, e se subdivide em sete diferentes seções:

1. A Troca Rápida de Ferramentas no contexto JIT/TQC, onde procura-se introduzir o tema como parte integrante e essencial do processo de flexibilização da produção e de obtenção do JIT/TQC (*Just-in-Time/Total Quality Control*¹).
2. O que é Troca Rápida de Ferramentas, na qual se explica o que deve ser considerado como tempo de troca de ferramentas;
3. Histórico da redução do Tempo de Preparação, onde se apresenta a origem da filosofia da redução de tempos de *setup*;

¹ É comum associar-se o sistema gerencial JIT à sistemática de gerenciamento da qualidade total, conhecida por TQC. Apesar de não serem pré-requisitos um relativamente ao outro, sua aplicação conjunta é fortemente recomendada.

4. Aspectos gerais da Troca Rápida de Ferramentas, onde se discute uma visão macroeconômica de concorrência capitalista e uma visão microeconômica do interior da empresa;
5. Estoques: EUA x Japão, onde se procura confrontar a visão americana tradicional sobre o aspecto estratégico dos estoques, anterior à década de 80, com a visão japonesa tradicional do pós-guerra, que se mantém até os dias atuais;
6. Estoques x Troca Rápida de Ferramentas, onde se apresenta a Troca Rápida de Ferramentas como uma das principais técnicas para reduzir ou eliminar estoques;
7. Visão estratégica da Troca Rápida de Ferramentas associada à questão JIT/TQC, onde se procura colocar a Troca Rápida de Ferramentas como um meio de flexibilizar a produção e tornar a empresa mais adaptável às mudanças de mercado.

No Capítulo 3, parte-se para os aspectos operacionais da Troca Rápida de Ferramentas, apresentando-se as metodologias encontradas na literatura e uma proposta preliminar de uma metodologia geral, resultante da análise sistemática destas diferentes metodologias.

Na literatura foram encontradas diferentes metodologias de implantação propostas por diversos autores. Estas metodologias se constituem de diferentes passos e de diferentes técnicas de operacionalização. Esta diferenciação entre metodologia e técnicas não está clara em todas as metodologias, sendo que isto teve de ser realizado para tornar o trabalho mais didático.

O conjunto de passos propostos nas diferentes metodologias foi analisado, observando-se pontos em comum e pontos discordantes, propondo-se então, preliminarmente, uma metodologia mais abrangente.

No Capítulo 4 é proposta uma sistemática final, que atinge três níveis bem definidos: um nível estratégico, um tático e outro operacional. O nível estratégico tem por objetivo adequar e preparar o ambiente para a implementação, enquanto que o nível tático procura formar políticas de atuação para médio e longo prazos. No nível operacional, coloca-se uma sequência metodológica para a redução de tempos de preparação.

O Capítulo 5 apresenta as técnicas de operacionalização normalmente utilizadas para atingir na prática a Troca Rápida de Ferramentas. Elas estão dispostas

de acordo com os nove passos propostos na sistemática de implantação, constante no capítulo anterior. A cada passo desta sistemática foi associado um conjunto específico de técnicas. Estas técnicas foram divididas em técnicas comportamentais e organizacionais e técnicas de cunho tecnológico, de acordo com a exigência ou não de alterações físicas em equipamentos, dispositivos, ferramentas e peças ou produtos.

No sexto capítulo apresentam-se dois estudos de caso, onde a metodologia gerada foi parcialmente implementada e testada, a fim de verificar facilidades e dificuldades de implantação.

O Capítulo 7 traz as conclusões finais do trabalho.

1.2. Objetivos do Trabalho

Decorrente da leitura e análise de diversas bibliografias conclui-se que hoje existem, basicamente, cinco diferentes sistemáticas ou metodologias de implantação de Troca Rápida de Ferramentas, que procuram guiar o processo de implantação, de forma a obter o melhor resultado possível.

No entanto, praticamente todas elas têm uma visão imediatista, de resolução de problemas de gargalos. Não há a preocupação de gerar um plano de implantação, de realizar um projeto global de implantação da Troca Rápida de Ferramentas. Parece, portanto, faltar uma maior discussão sobre os aspectos mais administrativos e menos técnicos do processo, pois os trabalhos específicos pesquisados destinam-se aos técnicos responsáveis pela implantação de um plano de Troca Rápida de Ferramentas, não atingindo a alta administração. Nestas metodologias, não se verifica a preocupação com a preparação de um ambiente favorável e adequado à implantação da Troca Rápida de Ferramentas, mas sim uma ênfase técnica, meramente operacional.

Com base nisto, são os seguintes os objetivos deste trabalho:

- revisar em literatura especializada as principais metodologias e técnicas existentes, bem como expô-las comparativamente de uma forma didática;
- propor uma sistemática de implantação de um projeto global de Troca Rápida de Ferramentas, que considere aspectos gerenciais, como a participação da alta gerência na preparação de um ambiente favorável à implantação, e que tenha características de planejamento de curto, médio e longo prazos.

1.3. Relevância do Trabalho

Em uma pesquisa sobre o desempenho da indústria brasileira (Atualidades em Qualidade e Produtividade, 1993) relativamente à tempo médio de *setup*, tempo médio de entrega, tamanho médio dos lotes produzidos, rotatividade de estoques, índices de rejeição e de retrabalho e treinamento de empregados, mostra-se que, na média, estamos muito distanciados dos parâmetros internacionais e mais ainda dos japoneses, como mostra a tabela abaixo.

Indicador	Brasil	Mundial	Japão
Tempo de <i>setup</i>	35 minutos	10 minutos	5 minutos
Tempo de entrega	20 dias	3 dias	2 dias
Tamanho de lotes	200 peças	40 peças	6 peças
Rotatividade de estoques	11 vezes/ano	65 vezes/ano	175 vezes/ano
Rejeição (pçs/milhão)	13 mil	200	10
Retrabalho (% pçs/produção)	16	2	0,001
Treinamento (% horas/ano)	< 1 /empregado	6 / empregado	10 / empregado

Tabela 1.1 - Desempenho da indústria brasileira (baseado em Atualidades em Qualidade e Produtividade, 1993)

Os japoneses têm os melhores índices médios, principalmente pela disseminação do sistema de produção JIT, originado na Toyota. Segundo Shingo (1985), JIT é um objetivo final a ser atingido, e não um meio para melhorar efetivamente a produção. Assim, sem o entendimento dos métodos e técnicas práticas que formam sua base, o JIT por si só não tem sentido.

O sistema SMED (*Single Minute Exchange of Die* - Troca de Ferramentas em um tempo inferior a dez minutos) desenvolvido na Toyota pelo próprio Shingo, é um dos métodos mais efetivos para se alcançar a produção JIT. Assim como Shingo, Macedo (1992) afirma ser a redução de tempos de *setup* o método mais importante (e o primeiro a ser aplicado) para atingir o JIT, porque esta constitui-se numa atitude concreta e eficaz neste sentido. De acordo com Monden (1984), o Sistema Toyota de Produção apresenta a Troca Rápida de Ferramentas como um de seus principais pilares básicos (ver fig. 2.1 do Capítulo 2).

Como será verificado no Capítulo 2, o tempo de *setup* influi diretamente nos outros indicadores apresentados na tabela 1.1. Sua redução proporciona maior disponibilidade de equipamento, melhora os índices de refugos e retrabalhos e permite a produção em lotes e pedidos menores, reduzindo desta forma o *lead-time* (tempo de atravessamento).

Como afirma Weiss (1990), a idéia central de novos sistemas de produção consiste em administrar os tamanhos de lote, os estoques e a produção, e não em otimizá-los. Neste sentido, a redução de tempos de *setup* é um dos métodos que permitem gerenciar os tamanhos de lote, conseqüentemente melhorando a administração dos estoques e da própria produção. Contudo, como um dos princípios básicos da Troca Rápida de Ferramentas é a sua implantação em todos os postos operativos da fábrica, ela própria deve ser gerenciada e administrada conscientemente.

Devido às preocupações e afirmações acima citadas e às características imediatistas e operacionais das metodologias encontradas na literatura, percebe-se a importância de propor uma sistemática que garanta o gerenciamento e um planejamento global da Troca Rápida de Ferramentas em toda a empresa, e não somente a sua otimização em determinado equipamento.

Neste contexto, procurou-se desenvolver uma sistemática de implantação de Troca Rápida de Ferramentas que tenha características administrativas que permitam o planejamento, de longo, médio e curto prazos, de um programa global de implantação da redução de tempos de *setup*.

1.4. Metodologia do Trabalho

Esta dissertação foi desenvolvida através de uma intensa pesquisa bibliográfica, buscando-se dados que, direta ou indiretamente, pudessem vir a contribuir e acrescentar conhecimentos básicos e aprofundados sobre o tema Troca Rápida de Ferramentas.

Diversas metodologias de implantação foram encontradas, cada uma delas apresentando pontos coincidentes e complementares. A partir da sinergia destas metodologias formulou-se uma outra metodologia que, no entanto, continuava com as mesmas características pouco gerenciais das originais.

A partir daí desenvolveu-se uma sistemática de implantação de Troca Rápida de Ferramentas que considerasse aspectos gerenciais necessários a uma implantação ordenada e global.

Grandes contribuições surgiram da ampla discussão deste trabalho com as mais diversas pessoas, tanto de origem acadêmica quanto empresarial.

O resultado deste trabalho foi utilizado em duas empresas, podendo-se verificar suas facilidades e dificuldades de implantação para estes casos em específico. Cabe

ressaltar, no entanto, que os resultados obtidos e as observações realizadas nestas empresas podem não ser generalizáveis, pois cada segmento e cada empresa em si têm características tecnológicas, humanas e organizacionais próprias.

1.5. Troca Rápida de Ferramentas - Aspectos Básicos

O desenvolvimento industrial tem gerado grande concorrência na disputa das empresas pelos mercados. Em consequência disto, as indústrias sentem a necessidade de atender ao mercado com produtos diferenciados, de melhor qualidade e de baixo custo. Na tentativa de suprir a estas necessidades tem-se desenvolvido várias técnicas e princípios de organização do trabalho e da produção industriais. Dentre elas se destacam o princípio Just-in-Time/Controle de Qualidade Total (JIT/TQC) e a técnica de Troca Rápida de Ferramentas, originalmente desenvolvidos na Toyota Motor Co. Ltd. (Monden (1984), Shingo (1985)).

O Tempo de Preparação (ou de *setup*) é o tempo necessário para preparar o pessoal e os equipamentos para a fabricação de outro produto pertencente ao *mix* global de produção. Este tempo inclui a fase de testes e ajustes até a fabricação da primeira peça boa e a consequente entrada em produção do novo lote. Em casos em que não há ociosidade é considerado o intervalo de tempo que se leva desde o término da última peça boa do lote anterior até a saída da primeira peça boa do próximo lote.

A Troca Rápida de Ferramentas, quando implementada em todos os postos operativos, permite aumentar o número de preparações, reduzir os lotes de produção e aumentar a flexibilidade do sistema relativamente ao *mix*, a rotas alternativas de produtos e a pequenas alterações de projeto. O sistema produtivo fica mais ágil, flexível e pode fabricar mais facilmente todos os modelos do seu *mix* de produção, respondendo rapidamente às necessidades do mercado e podendo atingir pequenos nichos mercadológicos (Zangwill, 1992).

Este trabalho aborda a Troca Rápida de Ferramentas de forma independente do JIT/TQC, já que não é necessário haver um ambiente JIT totalmente implementado para fazer-se uso da Troca Rápida de Ferramentas, mesmo porque ela é um dos principais meios de gerenciar restrições produtivas a fim de atingir o sistema JIT/TQC. Contudo, a criação de um ambiente propício à disseminação da técnica de troca rápida é indispensável.

Deve-se ter em mente, também, que todos os outros elementos básicos ao JIT (mudanças de *layout*, operadores multifuncionais e operações padronizadas (Monden, 1984)), devem ser desenvolvidos adequada e seqüenciadamente, para que isso não

venha a perturbar e limitar a técnica de Troca Rápida de Ferramentas e garantir que se alcance realmente a produção JIT/TQC.

1.6. Vantagens e Implicações da Troca Rápida de Ferramentas

A Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é uma das técnicas mais importantes na busca do JIT/TQC (Shingo, 1985), pois cria condições básicas à sua implantação e traz bons resultados em pouco tempo e com baixo custo relativo (Harmon & Peterson, 1991). Algumas das vantagens que a redução do tempo de troca de ferramentas traz estão listadas abaixo. Através delas se percebe o potencial deste princípio, que deve ser explorado ao máximo, especialmente por empresas que estão buscando o JIT. Em empresas com sistemas de produção tradicionais, a Troca Rápida de Ferramentas configura-se como uma importante ferramenta na administração de gargalos produtivos, não devendo ser negligenciada.

Os ganhos financeiros previstos pelo projeto de redução de tempos de Troca de Ferramentas podem, aparentemente, não ser satisfatórios. Mas a análise não deve se limitar a estes ganhos, pois as vantagens que uma redução de tempos de *setup* proporciona ao sistema produtivo são diversas. Estas vantagens levam a empresa a uma situação mais competitiva devido à maior agilidade, maior flexibilidade, resposta rápida à variações no mercado e à sua capacidade de atingir nichos de mercado. As vantagens e implicações mais diretas proporcionadas pela redução de tempos de preparação são as seguintes:

- Vantagens:

- proporciona rapidez e facilidade nas tarefas de *setup* e troca de produtos, com redução de custos;
- aumenta a capacidade produtiva;
- aumenta potencialmente a taxa de utilização das máquinas (redução de tempos mortos);
- permite e facilita a produção de um *mix* variado de produtos em curtos espaços de tempo;
- proporciona flexibilidade e rapidez na mudança de produtos (tanto em termos de *mix* como de alterações de projeto e de roteamento - roteiros alternativos). Devido à redução de lotes e eliminação de estoques o sistema fica mais balanceado e sincronizado, havendo a redução do tempo de atravessamento.

Assim, se houver introdução de modificações de projeto, o novo produto poderá sair em pouco tempo da fábrica;

- permite que se trabalhe com lotes menores, devido à grande redução do custo e do tempo de preparação. Pela política de lotes econômicos representada graficamente abaixo (figura 1.1), percebe-se que a redução de custos de *setup* levam à redução do lote econômico²:

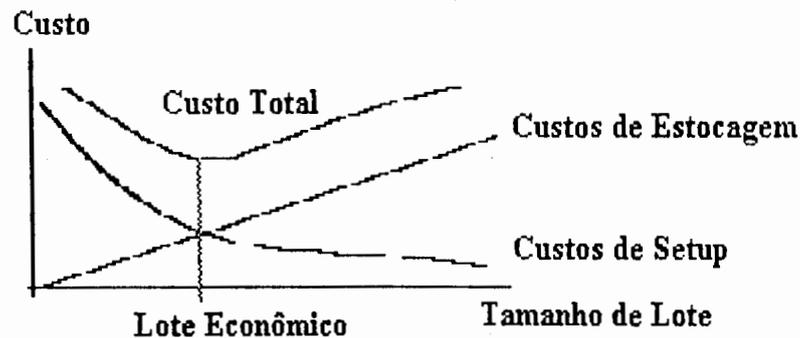


Figura 1.1 - Tamanho de Lote x Custos de Troca de Ferramentas (*Setup*)
(baseado em Antunes & Rodrigues, 1993)

- proporciona resposta rápida para atender às flutuações de demanda geradas por variações do mercado;

- reduz estoques intermediários, devido à redução de tempos e custos de troca de ferramentas e à redução de lotes, levando a:

⇒ aumento da rotatividade de capital;

⇒ redução do tempo de atravessamento (*lead-time*): a matéria-prima que entra logo é processada, passando rapidamente pela fábrica e transformando-se em produto final em curto espaço de tempo, devido às pequenas filas de espera associadas à pequena quantidade de estoques intermediários;

⇒ uso mais racional e efetivo de espaço do chão-de-fábrica, devido à redução do espaço ocupado por estoques;

⇒ redução de equipamentos e de necessidade de pessoal para movimentação de materiais, devido à redução de operações com estoques intermediários;

⇒ eliminação de perda de produtos por obsolescência e deterioração;

² O lote econômico pode ser tanto de fabricação quanto de compra ou de venda. Neste trabalho, quando falar-se em lote econômico, estará-se fazendo referência ao lote econômico de fabricação, salvo se especificado em contrário.

- gera ganhos em qualidade, pois os itens são produzidos com a qualidade desejada desde o início do processo, já que a fase de testes e ajustes é minimizada ou eliminada;
- reduz custos pela eliminação de retrabalhos (custos de máquina e mão-de-obra) e desperdícios de materiais (sucata);
- reduz a necessidade de mão-de-obra especializada devido à simplificação do processo de Troca de Ferramentas;
- torna as tarefas de troca de ferramentas mais seguras, rápidas e eficientes devido à sua simplificação;
- leva a uma maior organização do setor produtivo devido à padronização e também a pequenas mudanças de *layout* (armazenagem focalizada, aproximação de máquinas, simplificação de transportes, etc.);
- viabiliza a formação de células de produção pelas facilidades e flexibilidade que a redução de tempos de troca de ferramentas proporciona;
- proporciona flexibilidade de roteamento (roteiro alternativo) de produtos e de pessoal, já que possibilita fácil mudança entre produtos e não exige mão-de-obra especializada;
- contribui para a multifuncionalidade do operador, pois reduz a aversão do operador à prática da troca de ferramentas, que torna-se mais simples e rápida.

• Implicações:

- exige, a partir de certa etapa, modificações e alterações físicas em equipamentos, dispositivos e ferramentas, exigindo um certo capital para realização de pequenas modificações;
- em certos casos exige, a partir de certa etapa, o envolvimento de pessoas especializadas (projetistas, técnicos, engenheiros, ferramenteiros etc.);
- exige trabalho em grupo.

CAPÍTULO 2

CONTEXTUALIZAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

2.1. A Troca Rápida de Ferramentas no contexto JIT/TQC

O JIT é um princípio de trabalho onde a principal idéia é não executar atividades que gerem custos e que não agreguem valor ao produto ou serviço. Sob este ponto de vista, muitas das atividades existentes em nossas indústrias são desnecessárias, ou possíveis de serem racionalizadas. Algumas destas atividades passíveis de racionalização são o transporte e a movimentação de materiais, a inspeção de qualidade, manutenção e estocagem.

Outra característica do JIT refere-se ao fato de que se procura produzir o que é necessário, no tempo necessário e com a qualidade desejada, tudo isto a um custo adequado. Para viabilizar esta produção, deve-se trabalhar em sincronia com a demanda. Isto significa que a produção é "puxada" pela demanda, ou seja, um processo produz a quantidade de peças que o processo seguinte utilizou, repondo o nível de peças anterior. Note-se que este nível é muito reduzido, se comparado com os estoques intermediários das indústrias ocidentais.

Como atingir uma produção JIT/TQC? Existem muitas técnicas e elementos que, se aplicados e desenvolvidos organizada e racionalmente, levam a uma produção JIT/TQC (Monden (1981) e Crawford & Cox (1991)). Mas, sobretudo, deve haver a conscientização e o envolvimento da alta administração, da qual depende a criação de um ambiente favorável à implantação destas técnicas.

De acordo com Monden (1981), a produção JIT se atinge através de um bom sistema de informações (Kanban), e de três pré-requisitos de produção, que são:

padronização do trabalho, desenho de processos ou *layout* de máquinas e sincronização da produção (veja a figura 2.1).

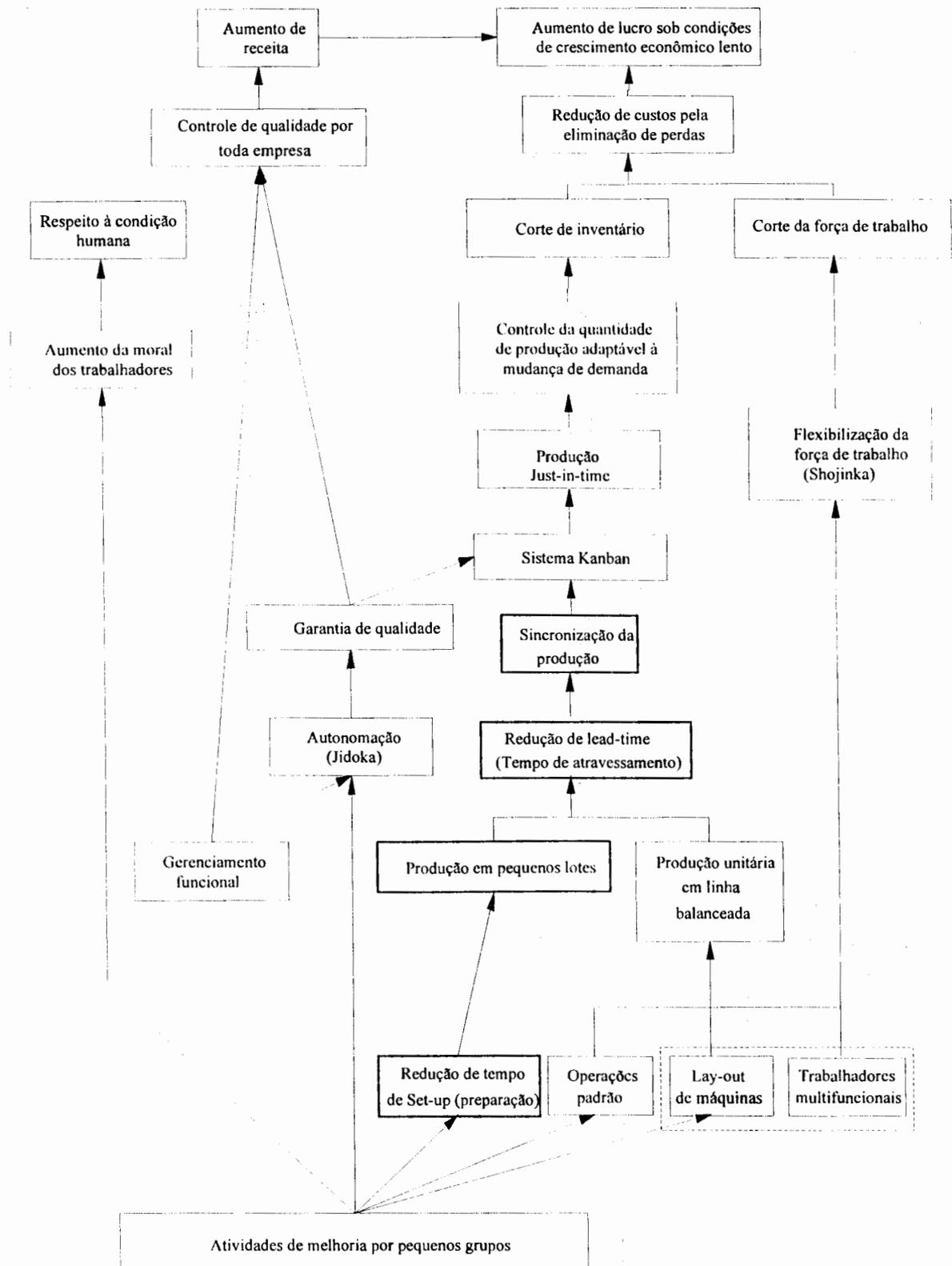


Figura 2.1 - Como custos, quantidade, qualidade e respeito às condições humanas são melhoradas pelo Sistema Toyota de Produção. (baseado em Monden, 1984)

O sistema de informação Kanban permite administrar eficientemente o sistema produtivo em ambiente JIT, e controla as quantidades produzidas em cada processo de acordo com a lógica de sincronização com a demanda.

A padronização do trabalho permite que se produza a quantidade necessária de produtos em um tempo determinado, exigindo uma combinação eficiente de produtos, máquinas e pessoal.

O desenho de processos se refere à mudanças de *layout* funcional para células de produção, viabilizadas pela existência de operadores multifuncionais.

A sincronização da produção é, provavelmente, o tópico mais importante para se atingir o JIT. Na produção sincronizada as variações da demanda são respondidas com maior facilidade devido a grandes esforços na redução dos tempos de Troca de Ferramentas e dos tamanhos de lote¹. Estes dois aspectos, principalmente com relação à redução do tempo de atravessamento, permitem que se responda rapidamente às variações de demanda por produtos finais, atendendo-se melhor às necessidades dos clientes.

Segundo Crawford & Cox (1991), alguns dos pré-requisitos (princípios e técnicas) para a viabilização desse sistema produtivo são:

- redução de tamanho de lotes;
- programação sincronizada;
- comprometimento da administração;
- operadores multifuncionais;
- manutenção preventiva;
- método de puxar a produção;
- melhoria de qualidade;
- mudança de *layout*;
- redução do tempo de preparação;
- atividades de pequenos grupos;
- envolvimento do fornecedor;
- organização do local de trabalho.

Cada um destes elementos da filosofia JIT/TQC destina-se a eliminar ou reduzir alguma fonte de variabilidade do sistema. Por exemplo, os métodos de puxar a

¹ Os japoneses forçam a redução do tamanho de lotes para fazer com que surjam, com que se tornem mais aparentes, diversos problemas na produção, que são então analisados e minimizados (Schonberger, 1993).

produção fazem com que haja redução de estoques pois procuram sincronizar as máquinas e a movimentação de material.

Se as áreas de produção são sincronizadas, mudanças no processo, como melhoria de qualidade, devem assegurar que os materiais se movimentem em ritmos bem cadenciados (sem problemas com a qualidade, que geram refugos e retrabalhos, e constituem-se numa fonte de variabilidade). A identificação e eliminação contínua de defeitos de produtos e processos torna-se necessária (sob este aspecto, a Troca Rápida de Ferramentas ajuda na redução dos índices de refugos e retrabalhos).

Para evitar atrasos e variabilidades, devidos ao mau funcionamento dos equipamentos e à paradas não programadas, utiliza-se a lógica da Manutenção Produtiva Total (MPT ou TPM - *Total Productive Maintenance*).

A Tecnologia de Grupo pode ser utilizada com o objetivo de desenvolver mudanças de *layout* que compreendam tanto o desenvolvimento de fábricas focalizadas como células de manufatura (em forma de U, por exemplo). Estas mudanças de *layout* também envolvem a armazenagem focalizada de peças, materiais e ferramentas. Isso minimiza a movimentação desnecessária de material e pessoal entre áreas da fábrica, além do tempo de busca e localização de ferramentas.

A programação sincronizada permite que o material chegue à montagem de forma suficientemente uniforme, para que os diferentes elementos da produção possam responder aos sinais de "puxar" do sistema de informação.

A Troca Rápida de Ferramentas permite aumentar o número de preparações, reduzir tamanho de lotes de produção e aumentar a flexibilidade do sistema relativamente ao *mix*, a rotas alternativas e à pequenas alterações de projeto. O sistema produtivo fica mais ágil, mais flexível e pode fabricar mais facilmente todos os modelos de seu *mix* de produção, respondendo mais rapidamente às necessidades de demanda e podendo atingir a pequenos nichos mercado (Zangwill, 1992).

Lotes pequenos são necessários para manter um fluxo nivelado (proporcional) de materiais. Devido à redução do nível de estoques, e à sincronização com lotes pequenos, o operador identifica rapidamente as causas de baixa qualidade, podendo estas serem logo minimizadas.

Os operadores são os que melhor conhecem os problemas de máquinas e processos, e seu conhecimento e apoio não podem ser desconsiderados. Neste aspecto, as atividades de pequenos grupos são decisivas.

Operadores multifuncionais identificam e corrigem problemas com mais facilidade, pois têm uma visão integrada dos processos e aspectos de manufatura. Eles também fornecem a flexibilidade de pessoal necessária para suprir necessidades, em caso de falta de mão-de-obra ou atrasos em certos centros de trabalho. Eles podem ser deslocados para diferentes áreas de trabalho, sem exigir maiores treinamentos de curto prazo.

O envolvimento e a parceria com os fornecedores leva a uma entrega de materiais com qualidade e no tempo certo, além de permitir um desenvolvimento mais rápido de alterações de projeto nos itens fornecidos, podendo, inclusive, facilitar o desenvolvimento de novos produtos.

O comprometimento da alta administração é essencial. Como disse Deming (1975), 85% dos problemas são causados por falhas do sistema produtivo (não dos operadores) e, portanto, são responsabilidade da administração. Como os elementos acima se destinam a reduzir variabilidades do próprio sistema, se não houver comprometimento da alta administração nenhum deles terá sucesso. A alta administração deve se conscientizar e participar dos processos de mudança, garantindo que eles tenham êxito.

Portanto, percebe-se que "as fábricas japonesas são as de hoje funcionando como deveriam, isto é, com atenção dedicada aos aspectos básicos da fabricação" (Hayes, 1990).

2.2. O Que é Troca Rápida de Ferramentas

Como já foi dito anteriormente, o Tempo de Preparação (ou de *setup*) é o intervalo de tempo que se leva desde o término da última peça boa do lote anterior até a saída da primeira peça boa do próximo lote, quando não houver ociosidade. Ou seja, é o tempo necessário para preparar o pessoal e os equipamentos para a fabricação de outro produto pertencente ao *mix* global de produção. Este tempo inclui a fase de testes e ajustes até a fabricação da primeira peça boa e a conseqüente entrada em produção do novo lote.

A Troca Rápida de Ferramentas busca reduzir o tempo de preparação de máquinas de tal forma que a tarefa de *setup* não seja considerada como uma tarefa especial, à parte da produção, mas sim como uma parte do processo de fabricação.

Segundo Shingo (1985), um procedimento de preparação pode ser dividido em quatro etapas:

1. Preparação de materiais e ferramentas e verificação de seu correto funcionamento (ocupa 30% do tempo total de preparação);
2. Remoção e montagem de ferramentas (5% do tempo);
3. Regulagem inicial, onde se realizam medições e calibrações, tais como pressão, temperatura, alinhamento, centragem, etc. (15% do tempo);
4. Corridas de teste: ajustes e testes são realizados até que uma peça saia com qualidade adequada para conseqüente entrada em produção. O tempo dispendido nesta etapa normalmente depende da habilidade e do conhecimento de quem faz os ajustes e calibragens. Quanto mais precisas as medições na etapa de regulagem inicial, mais fácil será a execução desta etapa (ocupa 50% do tempo total de preparação).

Note-se que os percentuais apresentados acima representam valores médios obtidos, provavelmente, a partir da grande experiência do consultor. Para que estes dados sejam verificados para o caso brasileiro, faz-se necessária uma pesquisa mais ampla, com coletas de dados adequados e com amostras significativas.

A Troca Rápida de Ferramentas baseia-se, principalmente, na distinção entre processos de preparação internos e externos e na sua simplificação. Preparações internas são as atividades que só podem ser realizadas com a máquina parada. Preparações externas são as atividades que deveriam ser realizadas com a máquina ainda em operação. Ao fazer-se esta diferenciação, evita-se que qualquer atividade que possa ser executada com a máquina em funcionamento, como a preparação e a busca de materiais e ferramentas, seja realizada com a máquina parada e acabe por aumentar o seu tempo ocioso. A figura 2.2 auxilia no entendimento das fases de composição do tempo de troca de ferramentas, como ele normalmente se apresenta, e a figura 2.3 ilustra o ganho de tempo obtido ao se aplicar as técnicas de Troca Rápida de Ferramentas.

Geralmente o tempo e o custo de preparação são significativos, o que não permite a produção de pequenos lotes de forma econômica. Assim, procura-se acumular os pedidos e economizar tempo e número de preparações, com o objetivo de trabalhar com grandes lotes para diluir os custos, o que gera grande quantidade de estoques e falta de sincronia dos processos.

Mas por que o tempo de preparação é geralmente grande? O fator principal é a falta de conhecimento sobre as vantagens estratégicas que uma produção em pequenos lotes e sem estoques traz. A tarefa de preparação, assim, é entregue a funcionários que não tem qualificação suficiente para questionar e criticar procedimentos e operações.

Mesmo que tenham qualidades para tal, não têm autonomia ou poder de decisão para fazer alterações em equipamentos e ferramentas que utilizam ou nos quais trabalham.

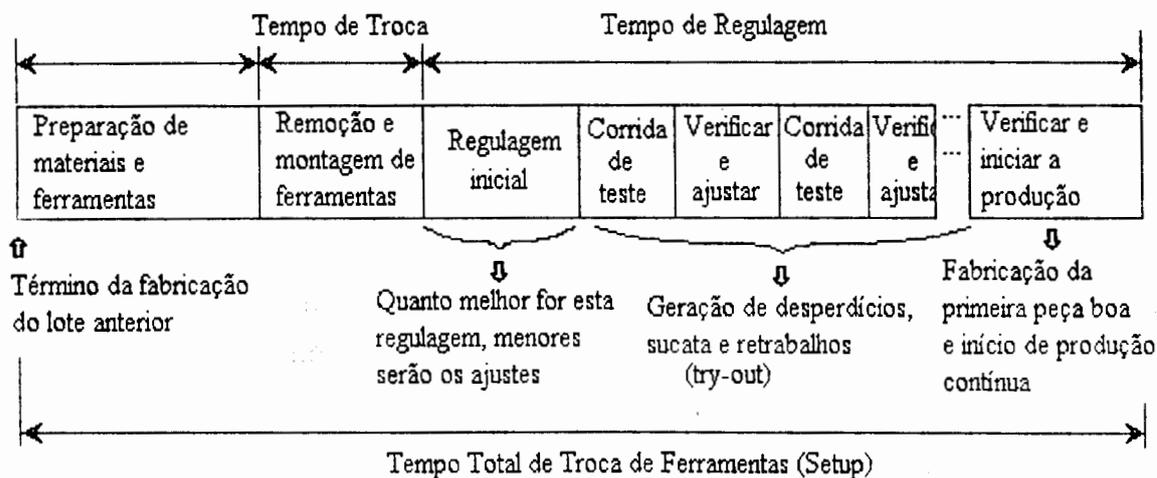


Figura 2.2 - Tempo de Preparação antes de implantar a sistemática de Troca Rápida de Ferramentas (baseado em Harmon & Peterson, 1991)

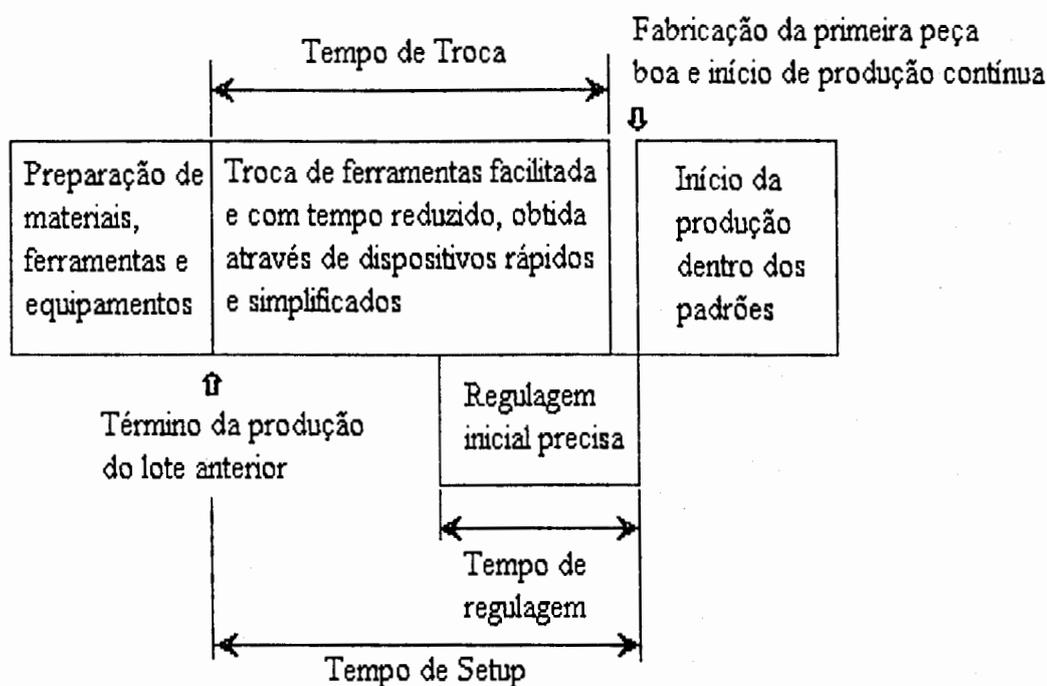


Figura 2.3 - Tempo de Preparação após a aplicação da sistemática de Troca Rápida de Ferramentas (baseado em Harmon e Peterson, 1991)

Outros fatores que contribuem consideravelmente para o grande tempo de troca de ferramentas são:

a) falta de roteiros, ou de padrões de procedimentos de troca (Shingo, 1985): não há distribuição definida de tarefas e nem regras de como proceder para efetuar a troca;

b) falta de padrões técnicos (Shingo, 1985): isto dificulta as etapas de ajustes e regulagens existentes dentro de processo de troca, que acabam sendo feitas por tentativa e erro;

c) falta de padronização de máquinas e equipamentos: gera-se grande variedade de dispositivos e ferramentas e diferentes métodos de preparação. Uma grande quantidade de ferramentas não é tão simples de armazenar e organizar, o que dificulta também a seleção do ferramental correto para certo produto em uma determinada máquina;

d) falta de padronização de produtos (Monden, 1981): leva à existência de grande quantidade de dispositivos e ferramentas diferentes, além de gerar necessidade de maior número de trocas do que poderia ser o ideal.

e) falta de padronização de ferramentas e dispositivos: a despadronização exige que se tenha sistemas de fixação específicos para cada ferramenta e dispositivo, havendo sempre a necessidade de ajustes e regulagens;

f) desorganização da área de trabalho e do setor de armazenagem de ferramentas, de dispositivos e de materiais: perde-se tempo procurando ferramental e abrindo espaço para movimentação e para trabalho junto às máquinas.

2.3. Histórico da Redução do Tempo de Preparação

A Troca Rápida de Ferramentas foi um conceito essencial proposto nos anos 50 por Shingo (1985), que formulou uma metodologia para sua implantação, o sistema SMED (*Single Minute Exchange of Die*). Este sistema levou 19 anos para ser completamente desenvolvido, não pela sua complexidade, mas pela falta de um reconhecimento imediato de sua importância e de necessidade de formalização.

O objetivo deste sistema era reduzir drasticamente os tempos de preparação de máquinas. Geralmente um conjunto representativo de máquinas importantes requeria a alocação de algumas horas para a troca de ferramentas. Shingo iniciou o desenvolvimento de um sistema visando estabelecer estas mesmas trocas em um tempo inferior a 10 minutos (*single minute*). O objetivo final ou o passo seguinte ao

SMED é OTED (*One Touch Exchange of Die*), isto é, a troca de ferramentas em um único movimento ou toque.

Conforme Shingo (1985), as primeiras noções conceituais associadas à criação do Sistema de Troca Rápida de Ferramentas surgiram quando de trabalhos realizados pelo próprio autor no ano de 1950, na empresa Toyo Kogyo. Naquele momento, formulara-se a idéia da separação do processo de preparação de máquinas entre tarefas internas e externas. Tarefas externas são todas aquelas que podem ser realizadas enquanto a máquina ainda produz, tais como a localização e seleção de ferramentas. Tarefas internas são aquelas que necessitam que a máquina esteja parada para que sejam realizadas, como a substituição ou troca de ferramentas.

Porém, o sistema consolidou-se a partir de trabalhos realizados na Toyota Motor Company, no ano de 1969. Naquela ocasião, um trabalho específico realizado na Toyota reduziu o tempo de preparação em uma determinada prensa de quatro horas para uma hora e meia e, posteriormente, para três minutos. Decorrente deste trabalho, desenvolveu-se a idéia da passagem de tarefas internas para externas através de melhorias tecnológicas.

A confirmação histórica de que Shingo foi realmente o pioneiro no desenvolvimento da metodologia de Troca Rápida de Ferramentas foi expressa por Taiichi Ohno, vice-presidente da Toyota Motors (Shingo, 1985).

O sistema foi desenvolvido em uma série de empresas japonesas na década de 70. No ano de 1974, ocorreu, provavelmente, a primeira apresentação formal do Sistema de Troca Rápida de Ferramentas a países europeus (Alemanha e Suíça), através de palestras proferidas por Shingo. No ano de 1976, foram proferidas várias palestras e consultorias sobre o assunto em empresas européias e americanas, como Peugeot, Citroën e Siemens, seguidas de uma série de palestras e trabalhos em universidades européias e americanas, principalmente, na Alemanha (Munique), Suécia e Estados Unidos (Chicago).

Um dos aspectos importantes relativos à evolução do processo e ao aprofundamento do uso da metodologia refere-se à utilização de câmeras de vídeo. A filmagem e posterior reprodução das atividades de troca de ferramentas em chão-de-fábrica, visando aprofundar sua análise e permitir o registro destes processos, é uma de suas principais técnicas. Possivelmente, o uso de câmara de vídeo tenha se iniciado na década de 70, no Japão, sendo rapidamente incorporada em países ocidentais.

Com relação à evolução do conceito de Troca Rápida de Ferramentas em ambiente acadêmico, especialmente o americano, observa-se uma preocupação em

abordar os aspectos financeiros e econômicos relativos aos custos da Troca Rápida de Ferramentas. Alguns autores norte-americanos enfatizam aspectos econômicos relacionados à Troca Rápida de Ferramentas, vinculando esta discussão aos conceitos clássicos de Lote Econômico de Produção (Weiss (1990), Schonberger (1993) e Schonberger & Schniederjans (1984)).

É preciso notar que o processo crescente de utilização da metodologia de Troca Rápida de Ferramentas na Europa e nos EUA e, posteriormente, no Brasil, deveu-se provavelmente ao período de crise e instabilidade do mercado nos anos 70, deflagrada pela crise do petróleo e que propiciou as mudanças nas exigências do mercado em termos de qualidade, custo e variedade, associada ao surgimento do Japão como uma grande potência. Dentro desse contexto, é possível supor que as visitas de Shigeo Shingo aos EUA e Europa nos anos 70 e 80 demonstram uma crescente sensibilização à questão da Troca Rápida de Ferramentas por parte das empresas ocidentais, buscando ampliar ou manter sua competitividade no mercado.

2.4. Aspectos Gerais da Necessidade da Troca Rápida de Ferramentas

2.4.1. O Aspecto Macroeconômico:

O comportamento do mercado internacional, a partir de meados dos anos 70, passou a apresentar modificações graduais. Características como baixo custo, diferenciação e qualidade (inclusive em vendas, serviços pós-entrega e no atendimento aos prazos de entrega), passaram a ser, cada vez mais, decisivas na escolha de bens de consumo por parte do consumidor. Além disso, nas últimas décadas, a concorrência, tanto a nível nacional quanto internacional, tem-se acirrado muito, caracterizando, de um modo geral, uma situação de oferta maior que a demanda.

Uma maior concorrência e mudanças nas exigências do mercado, fazem necessária a produção de itens mais diversificados e em menores volumes. Tradicionalmente tem-se acreditado que, a cada vez que a variedade dobra, os custos aumentam em torno de 30%, e que, a cada vez em que o volume dobra, estes se reduzem em torno de 20% (Stalk, 1988). Então, como produzir maior variedade e menor volume sem que os custos explodam? Esta resposta os japoneses descobriram, e sua chave é a redução do tempo de atravessamento (*lead-time*), ou melhor, do tempo que se leva desde a entrada da matéria-prima até a saída do produto acabado. Isto inclui tempos de transporte, de estocagem (matéria-prima, produtos acabados e materiais em processo), de processamento etc.

Para adaptar as estruturas produtoras à essa nova demanda de mercado, de forma que empresas inseridas neste contexto tornassem-se ou mantivessem-se competitivas, foi necessário repensar a lógica então vigente de administração da produção. Como resposta a estes esforços, verificou-se o surgimento de sistemáticas gerenciais alternativas, dentre as quais destaca-se o sistema JIT/TQC.

O JIT busca a redução de custos, principalmente, pela eliminação de perdas, em especial perdas relacionadas a estoques. Neste contexto, a Troca Rápida de Ferramentas permite reduzir tamanhos de lote, de tal forma que se possa administrar eficientemente gargalos produtivos e os próprios estoques.

Conseqüentemente, um dos pré-requisitos à implantação do JIT é a redução do tempo de troca de ferramentas, cujas técnicas de operacionalização em chão-de-fábrica devem ser implementadas através de uma metodologia adequada.

2.4.2. O Aspecto Microeconômico:

Apesar das novas opções de gerenciamento da produção, a maioria das indústrias ainda utiliza uma técnica chamada Lote Econômico como orientação para decisões sobre quantidades de compra, venda e fabricação. Este modelo foi desenvolvido por F. W. Harris em 1915, e procura definir matematicamente o lote ótimo para os níveis de estoques (busca a otimização e não o gerenciamento).

Através da fórmula do lote econômico de fabricação procura-se determinar o mínimo somatório dos custos de estocagem e de preparação, ou seja, minimizar o custo total (como mostra o gráfico da figura 2.4 abaixo). O lote econômico de fabricação vem dado por:

$$Q_e = \sqrt{\frac{2Ac}{i(1-\frac{c}{w})}}$$

Fórmula 2.1 - Cálculo do Lote Econômico de Fabricação (citado por Antunes & Rodrigues (1993))

onde: Q_e = lote econômico de fabricação
 A = custo de preparação das máquinas
 i = custo de armazenagem unitário
 w = taxa de produção (unidades/tempo)
 c = demanda (consumo em unidades/tempo)

Nesta fórmula, percebe-se que o lote econômico é proporcional à raiz quadrada do custo de preparação (A). Isto é, reduzindo-se "A" diminui-se o tamanho do lote (o que pode ser observado na fig. 2.4, quando desloca-se a curva do custo de preparação para a esquerda e/ou para baixo).

Atualmente, o Lote Econômico tem sido duramente criticado, questionado e confrontado com o sistema JIT e com a própria técnica de Troca Rápida de Ferramentas e suas conseqüências (D'Ouille et alli (1992), Schonberger & Schniederjans (1984), Weiss (1990) e Woolsey (1988)). Conforme D'Ouille, Willis & Huston (1992), a filosofia JIT difere profundamente da forma tradicional de utilização do Lote Econômico, onde se considerava seus elementos como pré-determinados. O JIT reconhece que existem condições de controlar e administrar estes elementos.

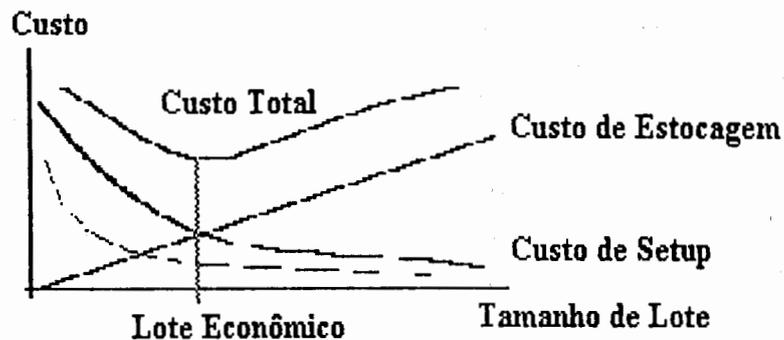


Figura 2.4 - Custos de Preparação x Custos de Estocagem (citado por Antunes & Rodrigues (1993)).

A fórmula do custo total (custos de preparação e de inventário), da qual é derivada a do lote econômico, é a seguinte:

$$TC = C1(R - Do)L/2 + C2Do/(R.L)$$

Fórmula 2.2 - Custo Total (citado por D'Ouille et alli (1992)).

Onde: TC = custo total
 C1 = custo de estoque por unidade de tempo
 C2 = custo de cada preparação
 Do = demanda (unidades/tempo)
 R = taxa de produção (unidades/tempo)
 L = tempo de reposição

Analisando-se esta fórmula sob a ótica do JIT, percebe-se que, tornando a taxa de produção R igual à demanda Do, ou seja, sincronizando a produção com a

demanda, o primeiro termo se anula. O segundo termo pode ser reduzido aumentando-se L e reduzindo-se os custos de preparação C2 pela aplicação de técnicas de Troca Rápida de Ferramentas.

Isso demonstra que o ponto principal da filosofia JIT é sincronizar a produção com a demanda. Para atingir este objetivo é necessário reduzir a variabilidade do sistema e fazer com que ele seja apto a ser comandado ou puxado pela demanda. Isto significa que, se a demanda cair, o sistema diminui o ritmo (ou reage produzindo outro produto - do próprio *mix* ou inteiramente novo - para elevar a demanda) e, se a demanda aumentar, o sistema aumenta o ritmo de produção.

A forma como o JIT reduz as variabilidades do sistema é apresentada por Crawford & Cox (1991). Segundo estes autores, todos elementos do JIT/TQC estão direcionados à eliminação ou redução das variabilidades do sistema (como colocado no sub-capítulo 2.1). Schonberger (1993) e Schonberger & Schniederjans (1984) também demonstram que o objetivo dos japoneses é reduzir a variabilidade existente nos processos produtivos através de metodologias que as expõe e assim, permitindo a eliminação de suas causas.

Como disse Hayes (1990) "as fábricas japonesas (consideradas, por muitos, do futuro) são as de hoje funcionando como deveriam", isto é, sem problemas de sincronização e de balanceamento criados por falhas de manutenção, altos tempos de troca de ferramentas e estoques elevados, ou seja, com "atenção dedicada aos aspectos básicos da fabricação".

2.5. Estoques: EUA x Japão

Segundo Schonberger & Schniederjans (1984), a abordagem japonesa visa a redução drástica de lotes de produção e compra, e de estoques de segurança, mas a longo prazo, de forma incremental, pouco a pouco. A abordagem americana é a de produzir e comprar em lotes econômicos, e manter estoques de segurança entre processos para evitar parada de produção quando houverem problemas.

Zangwill (1992) diz que existem dois pontos de vista em relação à resposta à demanda: "o antigo ponto de vista é: aumente inventários, mantenha estoques, e então você estará preparado para qualquer coisa. O novo ponto de vista é: reduza inventário, reduza os tempos de atravessamento (*lead-time*) e você está preparado para responder rapidamente a qualquer coisa". O antigo têm seu mérito em ambientes estáveis e previsíveis, mas nos novos ambientes de manufatura produtiva, caracterizados pelo

crescente grau de incerteza e variabilidade, predomina o novo ponto de vista, da necessidade de resposta rápida e de flexibilidade.

Como demonstram Schonberger & Schniederjans, a visão de custos do sistema JIT/TQC em relação ao Lote Econômico é bem mais completa e abrangente; através dela podemos perceber porque o JIT procura eliminar estoques. Abaixo tem-se uma comparação destas diferentes abordagens:

- Custos de estoque geralmente são subestimados pois consideram somente custos de oportunidade (juros perdidos sobre o dinheiro empatado em estoques) e do departamento de controle de materiais. Mas deve-se considerar todos os custos relativos a estocagem, movimentação e espaço em toda fábrica, ou seja, também entre processos.

- Custos de preparação e estocagem não são os únicos a serem considerados. Qualidade, retrabalho, sucata, motivação e responsabilidade dos operários e a produtividade também são afetados negativamente pelos tamanhos de lote;

- Outro custo derivado da produção em lotes grandes é o de haver necessidade de balancear a carga com a capacidade disponível (por vezes há muito trabalho, por vezes há pouco). No sistema JIT/TQC a produção é sincronizada e proporcional em todos processos;

- Os custos de preparação são significativos. Mas não são imutáveis, e sua redução leva a uma redução do Lote Econômico;

- Para itens comprados, custos de transporte, descontos por quantidade e a confiabilidade de fornecedores levam à compra de lotes grandes. JIT procura parceria com fornecedores próximos, estáveis e confiáveis, buscando obter entregas freqüentes e materiais de boa qualidade, sempre nas quantidades mínimas necessárias.

Além disso, pode-se acrescentar que a minimização de estoques leva à possibilidade de melhorar a flexibilidade da fábrica no que tange à variação do *mix*, a roteiros alternativos e a pequenas alterações de projeto de produtos.

Em seu artigo, Schonberger & Schniederjans (1984) apresentam de forma bastante clara a diferença entre as visões ocidental e japonesa de custos. A figura 2.5 apresenta a visão ocidental tradicional para itens fabricados, em que o custo de preparação é alto e cai com o aumento na quantidade de peças fabricadas. O custo de estoque só inclui o de oportunidade (O) e o do departamento de movimentação de materiais (M).

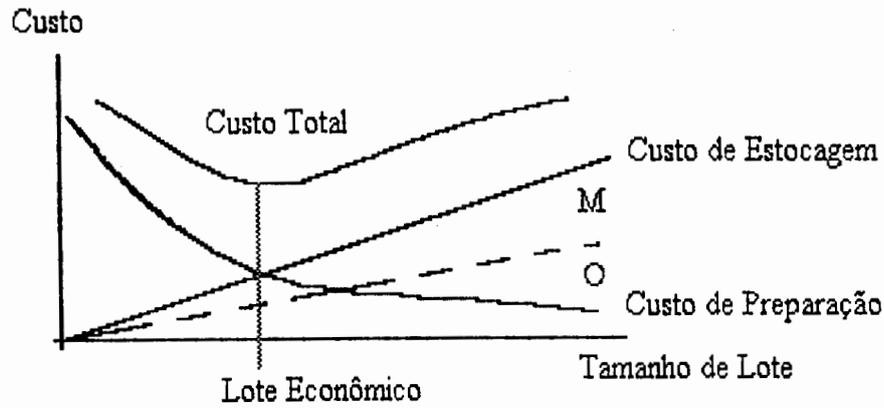


Figura 2.5 - Custo de Preparação x Custo de Estocagem (EUA) (citado por Schonberger & Schniederjans (1984)).

A figura 2.6 mostra a visão tradicional para produtos comprados, onde os custos de estoque são iguais aos da figura 2.5, mas a curva de custo de pedido é mais elevada para incluir, além dos custos do departamento de compras (C), os custos de economia de escala (E), como os de não carregar totalmente um caminhão, de não receber descontos e de exposição a fornecedores instáveis. Isto significa que o lote econômico de compra é maior que o de produção, indicando uma tendência à estocagem de matéria-prima e componentes comprados.

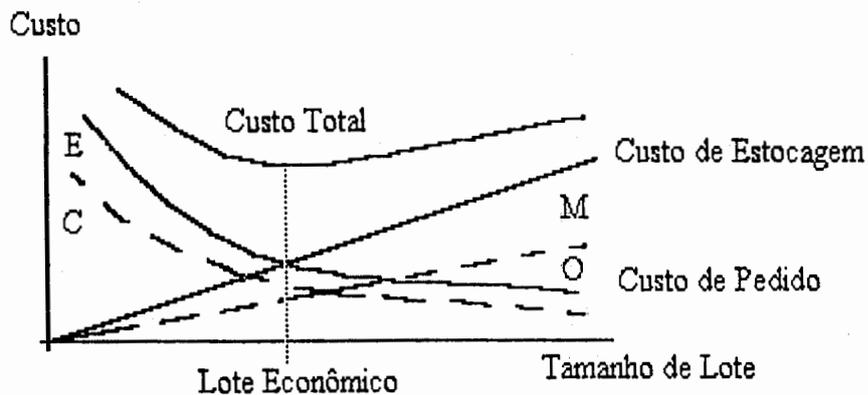


Figura 2.6 - Custo de Pedido x Custo de Estocagem (EUA) (citado por Schonberger & Schniederjans (1984)).

A figura 2.7 mostra a visão japonesa com todos seus elementos de custo e a forma como são tratados. Estes custos incluem os das figuras 2.5 e 2.6 e, ainda, os custos de estocagem, movimentação e espaço ocupado entre os processos produtivos e por toda a fábrica (X), custos de má qualidade, refugos, retrabalhos e perda de oportunidade de melhorias (Y) e custos de incerteza na carga produtiva (desbalanceamento) quando há lotes grandes (Z). A curva de preparação ou de pedido é menos acentuada e tem custo inicial menor devido à redução do tempo e custo de

preparação ou à entrega freqüente de matéria-prima por um conjunto de fornecedores estáveis e confiáveis.

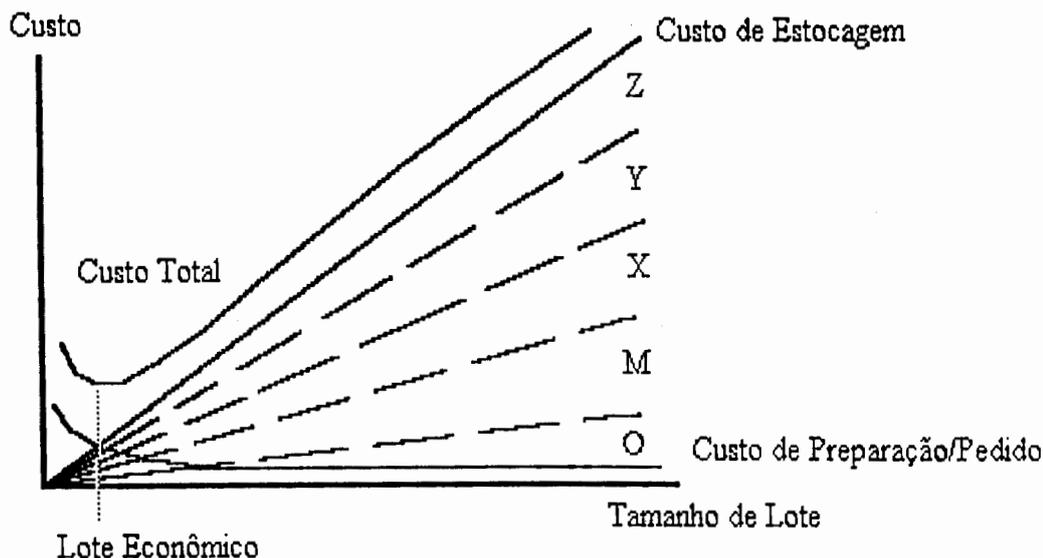


Figura 2.7 - Custo de Preparação/Pedido x Custo de Estocagem (Japão) (citado por Schonberger & Schniederjans (1984)).

Estoques de segurança são utilizados normalmente para evitar problemas devido a incertezas e variabilidades dos processos (suprimento e demanda). Assim, cada estação de trabalho tem estoque de segurança na entrada e na saída, evitando falta de materiais para processamento e para entrega ao processo seguinte. Os japoneses tratam a incerteza na demanda regularizando a programação de produtos acabados e trabalhando de acordo com essa programação. Onde a demanda não é estável, sincronizam a produção com a demanda através de um sistema que "puxa" a produção (como, por exemplo, o Kanban). Equipamento e pessoal são flexíveis para reagir prontamente às variações de demanda. Quanto à variabilidade e incerteza no suprimento (tanto de produtos fabricados quanto comprados), removem os estoques para expor as fontes de variabilidade. Elas são então analisadas a fim de descobrir suas causas e eliminá-las.

Isto demonstra que, tradicionalmente, tem-se convivido com os problemas ao invés de resolvê-los. Provavelmente, pensava-se que deixar de produzir em alguns momentos para resolver problemas não traria benefícios tão grandes que pudessem resultar em melhorias de produção e vantagens competitivas ainda maiores.

Macedo (1992) procura enfatizar fortemente as diferentes lógicas financeiras envolvidas no ambiente industrial ocidental e no japonês. Neste ponto destacam-se dois componentes de custo de fabricação não considerados de forma relevante ou correta pelos ocidentais: os custos financeiros (juros) e os custos da má qualidade.

Segundo Macedo (1992), os custos financeiros são o juro sobre o capital investido em matéria-prima, mão-de-obra, energia elétrica, equipamentos e outros recursos necessários à produção. Este juro é função do tempo total de permanência do produto na empresa, desde seu recebimento como matéria-prima até sua saída da fábrica como produto final. Os juros só deixam de incidir sobre o capital no momento em que a matéria-prima que originou a tomada deste capital for vendida.

Os custos de má qualidade se referem principalmente à geração de sucata e retrabalhos, e aos diversos custos decorrentes da falta de qualidade, como a inspeção de qualidade, contagem de peças, etc.

A Troca Rápida de Ferramentas ataca estes dois problemas apresentados por Macedo, pois reduz os juros pela redução dos níveis de estoques intermediários, e reduz os índices de sucatas e retrabalhos pois proporciona sistemas de regulagem e fixação precisos, eliminando as famosas corridas de teste.

2.6. Estoques x Troca Rápida de Ferramentas

Segundo Shingo (1985), existem quatro tipos qualitativamente distintos de estoques:

1. de matérias-prima,
2. de produtos acabados,
3. de lotes esperando processamento (o lote anterior ainda não foi completado) e
4. de peças esperando por lote (enquanto uma dada peça de um lote é fabricada, as demais esperam por processamento).

Pode-se dizer que ainda existe outro tipo de estoque, de relação estreita com este último. Este tipo deve-se aos lotes de transferência, e compõe-se de peças prontas que esperam a fabricação de outras do mesmo lote para serem transferidas em conjunto ao próximo processo. Pode-se chamar este tipo de estoque de peças esperando por transferência.

Schonberger (1993) apresenta os estoques de segurança. Estes estoques têm por função amortecer problemas de variabilidade na produção como quebras de máquinas ou mesmo tempos de preparação demorados, e são compostos principalmente de lotes esperando por processamento. São utilizados normalmente para evitar problemas devido a incertezas e variabilidades dos processos tanto no suprimento quanto na demanda. Assim, cada estação de trabalho tem estoque de

segurança na entrada e na saída, evitando falta de materiais para processamento e para entrega ao processo seguinte.

Pode-se dividir estes estoques acima apresentados em basicamente três tipos: os de matéria-prima, os de produtos acabados e os estoques em processo ou intermediários.

O primeiro tipo ainda pode ser considerado aceitável, pois é mais uma questão estratégica da empresa do que realmente reflexo de problemas na produção. Estoques de matéria-prima são necessários quando se tem fornecedores pouco constantes quanto à qualidade, quantidades e prazos de entrega.

Estoques de produtos acabados existem para que se tenha a possibilidade de atendimento imediato às necessidades dos clientes quando o sistema produtivo não está apto para isto. Segundo Shingo (1988), eles existem para que não se tenha custos por perda de oportunidade de vendas, pois, quando o ciclo produtivo, ou melhor, o tempo necessário para que o cliente receba o produto, for maior do que o tempo que ele está disposto a esperar, corre-se o risco de o cliente procurar os serviços de um concorrente. No momento em que se tem uma redução drástica do ciclo de produção e um tempo de entrega menor do que o tempo que o cliente se dispõe a esperar, pode-se trabalhar sem estoques de produtos acabados.

Estoques intermediários refletem uma produção desbalanceada, cheia de problemas e de variabilidades. Estes estoques² têm como consequência direta um grande *lead-time* ou tempo de atravessamento, que é o tempo decorrido desde a entrada da matéria-prima na fábrica até o momento da expedição.

Os custos incorridos devido a estoques intermediários são bastante altos, pois incluem custos de oportunidade (juros perdidos sobre o dinheiro empatado), custos de controle de materiais, custos de estocagem, de movimentação e de espaço improdutivo em toda a fábrica. Este espaço improdutivo é duplamente caro, pois tem custos de impostos e seguros desta área, e muitas vezes dificulta o rearranjo físico para incluir novas máquinas ou outro processo, prejudicando a empresa até sob ponto de vista estratégico de expansão e diversificação. Ainda é preciso considerar o aspecto de que um alto *lead-time* pode acarretar custos consideráveis para a empresa na medida em que pode significar perdas de mercado devido a um atendimento de prazos deficiente.

² A partir deste instante, sempre que se falar de estoques, estará-se fazendo referência a estoques intermediários, salvo se dito em contrário.

Estoques em processo refletem uma produção desbalanceada e cheia de problemas. Significam capital empatado, ocupam espaço, dificultam a circulação, o transporte e a identificação tanto de clientes e fornecedores internos quanto de problemas de qualidade. Estudando melhor a origem dos estoques, vê-se que a redução de tempos de preparação, isto é, a Troca Rápida de Ferramentas, leva a uma redução de estoques.

As origens dos estoques intermediários são, principalmente, a falta de sincronização das máquinas e de balanceamento do fluxo produtivo, os altos tempos de preparação dos equipamentos, o *layout* das máquinas, a falta de qualidade e os altos tempos de manutenção corretiva.

2.6.1. Sincronização:

De acordo com Karmarkar et Alli (1985), o material só é trabalhado durante 10% do tempo em que permanece na produção da fábrica, ficando aproximadamente 90% do tempo de atravessamento em espera, ou seja, sem sofrer transformação. Isto reflete os altos tempos de espera na produção. O principal ponto a destacar aqui é a necessidade de diferenciar Lotes de Fabricação (LF) de Lotes de Transferência (LT).

Normalmente uma operação (ou uma máquina) trabalha todo lote de fabricação para só então passá-lo adiante para a próxima operação. No caso específico de um curtume de grande porte do Vale do Sinos - RS, tem-se um LF de 150 peças a ser processado numa prensa cujo tempo de processo aproximado é de 1,3 min. Enquanto se processa a 1ª peça, tem-se outras 149 esperando por processamento. Quando se processa a 2ª peça tem-se outras 148 peças acumuladas e esperando por processamento, e assim por diante. Portanto, a última peça vai ficar esperando todas as outras serem processadas até que chegue sua vez (aproximadamente 180 minutos, ou 3 horas de espera), formando estoques de peças esperando por lote.

Do mesmo modo, quando se terminou o processamento da 1ª peça, esta vai esperar o processamento das outras 149 para só então passar à próxima operação (as mesmas 3 horas de espera da última peça), o mesmo ocorrendo com todas as outras peças, formando-se estoques de peças esperando por transferência.

Vê-se aqui que uma peça fica esperando em média durante 3 horas (é processada durante apenas 1,3 minutos) até ser passada à próxima máquina para iniciar outro processamento (não considerando-se o tempo em que ficará esperando até esta máquina terminar algum outro processamento e ser preparada para processar este LF). Neste exemplo, o material fica parado aproximadamente 99% do tempo, sendo processado em apenas 1% do tempo. Como este procedimento ocorre em

praticamente todas as operações e máquinas, podemos supor que o material fica aproximadamente 90% do tempo de atravessamento em espera, ou seja, sem sofrer transformação.

No exemplo simplificado da figura 2.8 temos um pedido de 200 peças que vai sofrer 5 processos diferentes, passando por quatro máquinas diferentes. O pedido só passa à máquina seguinte quando estiver totalmente processado, acarretando um *lead-time* de aproximadamente 20 dias

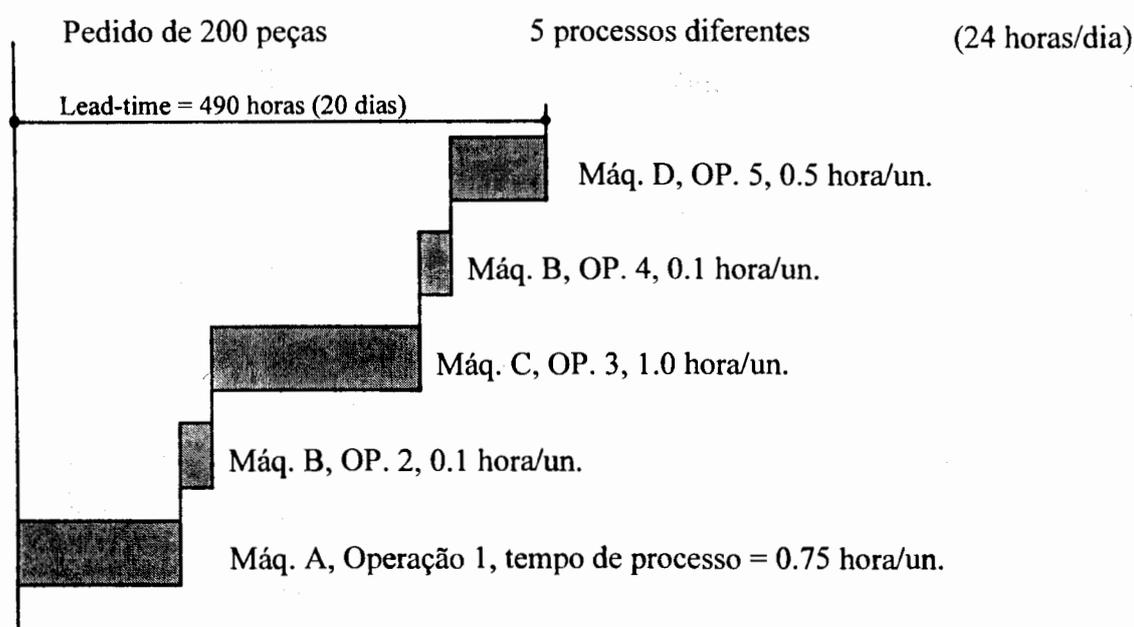


Figura 2.8 - Tempo de Processo com Lote de Fabricação igual ao Lote de Transferência (baseado em Goldratt & Fox, 1992).

No exemplo da figura 2.9, tem-se o mesmo lote de fabricação de 200 peças do exemplo da figura 2.8 dividido em 5 lotes de transferência iguais. Nesta nova situação, o lote de fabricação passa à máquina seguinte sempre que se completar o processamento de uma parte dele (o LT de 40 peças). Isto leva a um *lead-time* de aproximadamente 11 dias, praticamente a metade da situação anterior.

A redução do *lead-time* é a principal vantagem competitiva que se adquire ao trabalhar com a filosofia de lotes de fabricação diferentes de lotes de transferência, idealmente unitários e com estoque intermediário zero. Se a transferência de peças de uma máquina à outra fosse feita de peça em peça, teria-se praticamente todas as máquinas sincronizadas, fabricando o mesmo produto (o mesmo LF) ao mesmo tempo. A maior parte do tempo em que o material estivesse na fábrica ele estaria sendo trabalhado, reduzindo-se então o *lead-time* em, possivelmente, 60%.

Outra vantagem que existe quando se trabalha com LT diferente de LF, é que as peças vão chegando às outras máquinas (e à expedição) de forma mais homogênea durante o tempo (ver figura 2.9). Não há mais aquele acúmulo de serviço no final da semana ou do mês. O trabalho fica melhor distribuído ao longo do tempo. Assim não se tem mais aquela falsa idéia de que falta capacidade para atender à demanda (um dos sintomas mais claros de falta de sincronização é a necessidade de realização de horas extra, mesmo havendo ociosidade das máquinas³). Como o trabalho é melhor distribuído, as máquinas são carregadas de forma mais homogênea, não sendo sobrecarregadas em certos períodos e sub-utilizadas em outros.

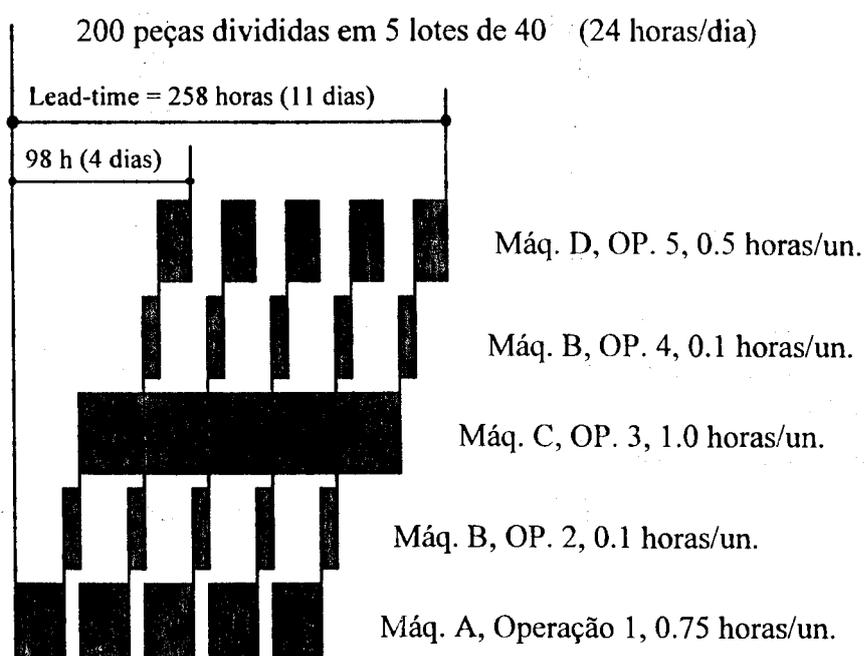


Figura 2.9 - Tempo de Processo com Lote de Fabricação maior que o Lote de Transferência (baseado em Goldratt & Fox, 1992).

A liberação de material para produção também torna-se mais homogênea, simplificando o controle de materiais e tornando menores as quantidades necessárias em curto espaço de tempo.

No exemplo teórico simplificado da figura 2.9, pode-se constatar que 20% da produção está disponível na expedição em apenas 4 dias. Isto significa que se pode vender ou entregar estes 20% em pouco tempo de produção, representando vendas muito mais ágeis.

³ Muitas vezes não há sistemas de controle e documentação adequados que permitam a identificação destes problemas, apesar de não serem de criação e utilização complexas.

No caso de produtos para exportação, parece não ser vantagem a chegada de material distribuída ao longo do tempo, pois este teria que ficar estocado por mais tempo na expedição até que chegasse o dia de embarque. Existem aqui dois pontos que derrubam esta suspeita de que a sincronização e balanceamento não seriam tão úteis (nos exemplos das figuras 2.8 e 2.9 anteriores, considere que a operação 5 seja a expedição):

- No sistema antigo (exemplo da figura 2.8), o longo tempo de *lead-time*, que faz com que o material chegue todo junto à expedição, exige aproximadamente 4 dias (100 horas) de estoque na expedição, enquanto que o novo (exemplo da figura 2.9) exige em torno de 7,5 dias (180 horas). O que não fica claro à primeira vista é que no sistema antigo todo este material que chega à expedição entrou na produção há 20 dias, ou seja, está estocado (escondido) dentro da produção já há 20 dias. No sistema novo, o material só fica na produção em torno de 11 dias, sendo que, nos primeiros 4 dias, 20% da produção já chega à expedição e está pronta para embarque. Parece que não restam dúvidas de que é muito mais barato se ter estoques de 11 dias ao invés de 20 dias, apesar de se ter mais tempo (não mais volume) de estoque na expedição.
- No sistema novo os estoques não são tão grandes em termos de volume, pois o material vai chegando aos poucos na expedição, devido à homogeneidade do processo. No exemplo da fig. 2.9, temos 40 peças que esperam todos os 7.5 dias na expedição, mais 40 que esperam 6 dias, mais 40 que esperam 4 dias, mais 40 que esperam 2.5 dias e mais 40 que esperam apenas o tempo de processo na expedição, que é 20 horas. Fazendo-se os cálculos, tem-se um estoque médio aproximado de 125 peças por dia (ver fig. 2.10). No sistema antigo, tinha-se 200 peças esperando durante 4 dias, o que dá um estoque médio de 200 peças por dia (ver fig. 2.11).

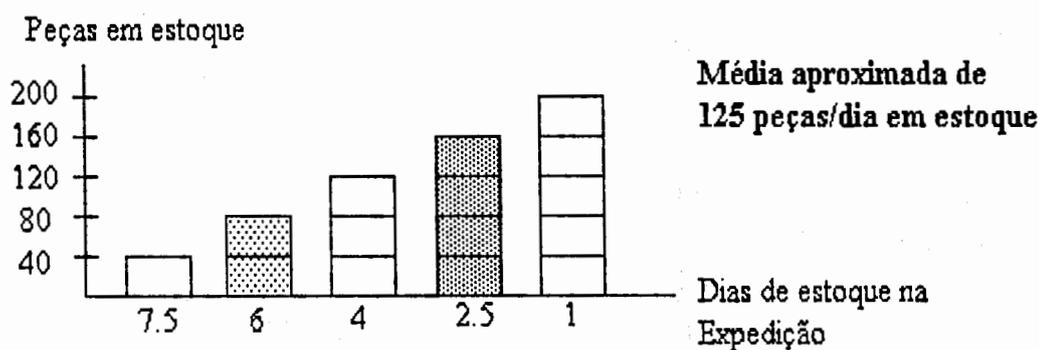


Figura 2.10 - Estoque na expedição (exemplo da figura 2.9)

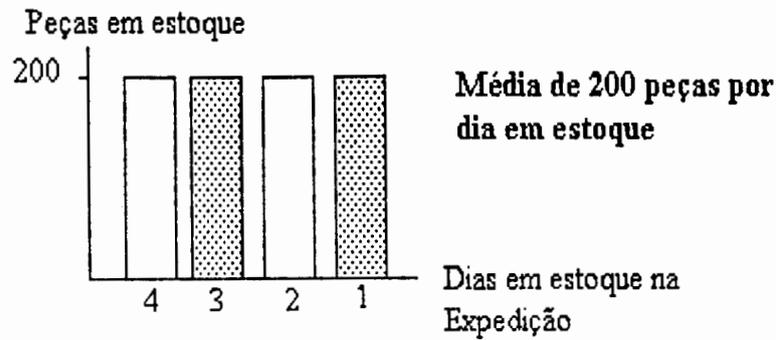


Figura 2.11 - Estoque na expedição (exemplo da figura 2.8)

2.6.2. Balanceamento:

Um ponto chave que deve ser compreendido é que, quando houver demanda suficiente para manter um nível médio de funcionamento da empresa e quando as máquinas estiverem sincronizadas, haverá maior evidência de que existirão máquinas mais lentas que estarão sobrecarregadas e outras mais rápidas que estarão subutilizadas. Isto se verifica no exemplo anterior da figura 2.9, onde a máquina sobrecarregada é a C, que tem tempo de processamento mais longo, de 1 hora por unidade, e onde as outras ficam com tempos "ociosos". Realizar balanceamento é fazer com que as máquinas produzam no ritmo da máquina mais sobrecarregada (gargalo).

Esta ociosidade não é problemática, pois de nada adianta produzir 400 peças/dia numa máquina se na seguinte só se faz 200 peças/dia. Esta produção em excesso vai criar estoques por estarmos limitados pela máquina mais lenta. Estas máquinas mais lentas que atrasam todo o processo são chamadas de gargalos. Como são elas que atrasam todos os processos, uma melhoria nelas realizada se converte em melhoria de todo o processo, ou seja, de toda empresa.

Portanto, o que se deve fazer é **administrar** de forma eficiente estes gargalos, fazendo-se a programação da produção e projetos de melhorias com base nestes. Deve-se administrar os gargalos, procurando reduzir o nível de restrições por eles impostos, através de aumentos de capacidade, pela redução de tempos mortos (manutenção preventiva/preditiva, redução de tempos de preparação, aumento de produtividade, garantia de qualidade etc.).

2.6.3. Altos Tempos de Preparação de Máquinas - *Setup*

Provavelmente o principal motivo para a existência de estoques intermediários é a grande dificuldade (ou alto custo) de se realizar *Setup*.

Geralmente, o tempo e o custo de preparação são bastante elevados, forçando a utilização de lotes grandes para que valha à pena a preparação, de forma que seu custo ou tempo seja diluído no maior número de peças possível (reduz-se o número total de preparações). Lotes grandes levam a uma falta de sincronização e de balanceamento das máquinas. Portanto, a Troca Rápida de Ferramentas é, também, uma das chaves para a sincronização e o balanceamento.

Note que os lotes de fabricação geralmente são baseadas no Lote Econômico de Produção, que nem sempre é o mínimo realmente necessário. Isto faz com que se acumule pedidos até atingir o tamanho certo de lote. Como estes pedidos têm diferentes datas de entrega, alguns deles ficam prontos antes da data de entrega, necessitando, então, de estocagem. Outros pedidos ficam prontos após a data de entrega, o que prejudica o cliente e a imagem da própria empresa.

Com a implantação de um programa de Troca Rápida de Ferramentas, estes LF podem ser divididos em lotes de transferência menores, sem o problema de acumular pedidos.

O aumento da quantidade de preparações devido à lotes menores (LT diferente de LF) pode ser visto também nos exemplos das figuras 2.8 e 2.9, com relação à máquina B. Note que no exemplo esta máquina realiza as operações 2 e 4, o que exige uma preparação (regulagem) quando se passa da operação 2 para 4 ou da 4 para a 2. No exemplo da figura 2.8, para completar este LF de 200 peças se realiza apenas uma preparação na máquina B, porque o tempo de preparação é alto e o processo de preparação é complicado.

No exemplo da figura 2.9, esta máquina deverá fazer 7 preparações durante o processamento deste lote, a fim de poder realizar as operações 2 e 4 para cada lote de transferência, na seqüência exigida. Para tornar isto possível, teve-se de reduzir o tempo de preparação a um mínimo aceitável, tornando o processo de preparação simples, rápido e eficiente. Imagine agora o número de preparações e o tempo reduzido necessários se o LT fosse igual a 1 (estoque intermediário zero). Este é o ideal que toda empresa flexível deve buscar, ou seja, preparações em um toque, praticamente instantâneas, para atingir estoque zero.

Portanto, conclui-se que uma redução de tempos de preparação deve ser utilizada para aumentar a frequência de *setups* realizados, através da redução de

tamanhos de lotes, e não para aumentar a produção pela liberação de capacidade. As vantagens disto são novamente apresentadas pelo contraste das figuras e dados do exemplo abaixo.

Considere uma máquina que fabrique 5 diferentes peças (A,B,C,D e E), cujo tempo de *setup* é longo (2 horas). Num turno de 8 horas de trabalho, restam 6 horas para produção (fig. 2.12), que deve fabricar quantidade suficiente para diluir os custos e para atender à demanda durante o período em que outras peças estiverem sendo produzidas.

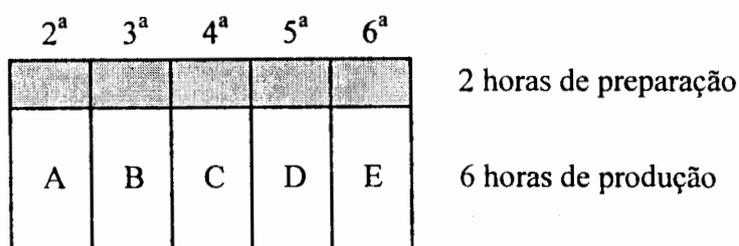


Figura 2.12 - Antes da Troca Rápida de Ferramentas (baseado em Harmon & Peterson, 1991)

Percebe-se que, neste exemplo, devem haver estoques suficientes para suprir a demanda de uma semana e que ocorrem 5 preparações por semana, num total de 10 horas de *setup*, ou seja, 25% do tempo total disponível na semana.

Quando se reduzir o tempo de *setup* de 120 minutos para 15 minutos, será suficiente uma produção de 72 minutos para diluir os custos e atender à demanda. A necessidade de estoque se reduzirá de uma semana para um dia, pois pequenas quantidades de cada tipo de peça poderão ser fabricadas, e apenas nas quantidades necessárias para atender à demanda daquele dia, como mostra a figura 2.13.

Houve um aumento considerável do número de preparações de 5 para 25 por semana, no entanto, o tempo total de *setup* é de apenas 6 horas e 15 minutos, ou 15,6% do total disponível na semana. Ocorreu, ainda, um aumento de capacidade de 45 minutos por dia (12,5% em relação à capacidade disponível anteriormente para produção), decorrente da redução do tempo de *setup*. Esta capacidade extra poderia vir a ser utilizada para a produção de um novo produto, para reiniciar o ciclo de fabricação antecipadamente ou para um simples aumento de produção.

Em todos estes exemplos apresentados analisam-se os efeitos sobre apenas poucos produtos e máquinas, sendo que estes efeitos (os positivos e os negativos) são maiores ainda se houver grande variedade. Se houver a possibilidade de preparar-se

todas as máquinas rapidamente para qualquer produto, a empresa ganha enorme flexibilidade de atendimento ao cliente.

	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	
						15' de preparação
A	A	A	A	A	A	72' de produção
						15' de preparação
B	B	B	B	B	B	72' de produção
						15' de preparação
C	C	C	C	C	C	72' de produção
						15' de preparação
D	D	D	D	D	D	72' de produção
						15' de preparação
E	E	E	E	E	E	72' de produção
						45' de capacidade liberada

Figura 2.13 - Após a Troca Rápida de Ferramentas (baseado em Harmon & Peterson, 1991)

Note que, lotes de transferência reduzidos aumentam a movimentação de material entre máquinas, tornando-se cada vez mais importante uma reorganização destas máquinas de acordo com o fluxo produtivo. Um *layout* não adequado pode fazer com que se dificulte muito a sincronização de máquinas com lotes de transferência menores, pois surgirá a necessidade de um eficiente sistema de transporte de materiais (o que, segundo a filosofia JIT, é improdutivo, não agrega valor, é desnecessário e gera custos diversos).

2.6.4. Layout

A organização funcional das máquinas (agrupamento das máquinas de acordo com as operações que realizam) é outro fator gerador de estoques. Como o transporte se dá entre centros produtivos (centro de prensas, centro de tornos etc.) e as seqüências de operações são as mais diversas, é mais fácil transportar lotes maiores (menos vezes) porque as distâncias são grandes e o fluxo não sequenciado exigiria grande movimentação.

Como foi visto, a sincronização e o balanceamento da produção são baseados na diferenciação entre lotes de fabricação e de transferência. Neste sentido, os lotes de transferência são de tamanho reduzido e, portanto, freqüentes, gerando-se grande

movimentação de materiais entre máquinas. Se elas não estiverem agrupadas de forma ordenada de acordo com o fluxo produtivo, este aumento substancial de movimentação pode fazer com que se inviabilize a sincronização das máquinas.

A formação de células de manufatura torna mais adequado o fluxo produtivo dentro da fábrica, além de viabilizar o trabalho de um mesmo operador em diferentes máquinas, resolvendo em parte o problema de ociosidade que emerge com o balanceamento. Outra vantagem da aproximação e sincronização das máquinas é que não haverá espaço e nem tempo para acumular estoques entre os processos.

Portanto, o objetivo da reorganização das máquinas em fluxo conforme a seqüência de operações é sincronizar a produção, procurando reduzir estoques intermediários, lotes de fabricação e transferência, ociosidade, área ocupada e improdutiva, volume de transporte e o *lead-time*.

2.6.5. Qualidade

Outro ponto que é diretamente atacado quando se trabalha com lotes de transferência menores é a qualidade. Geralmente, o controle de qualidade mais rígido é feito no final do processo, na expedição. Quando se trabalha com LT igual à OS, todo lote chega de uma só vez à expedição, sendo então analisado (na figura 2.9 anterior tem-se material chegando à expedição em 20 dias de processo). Se o lote estiver fora das especificações, não há o que fazer, exceto retrabalhar todo lote ou barganhar com o cliente para tentar vender assim mesmo. Percebe-se que o problema de qualidade só é identificado após algumas semanas de produção, sendo difícil identificar sua origem e sendo impossível evitar que o lote inteiro saia das especificações. Isto representa um alto custo, pois todo tempo, materiais e energia para processamentos anteriores ao controle de qualidade foram desperdiçados.

Com a lógica de LT diferente do LF, na medida em que o material vai chegando à expedição, ele pode ser analisado (na figura 2.9 se tem material chegando à expedição em 4 dias de processo), podendo-se identificar problemas e tomar providências para corrigir o processo problemático, evitando-se assim que todo LF fique defeituoso.

Mas não se deve permanecer nesta condição estática de somente controlar o material no final dos processos. Deve-se garantir a qualidade em cada processo, isto é, devemos controlar os processos. Cada operador é responsável pela qualidade do que está produzindo, não devendo passar adiante materiais defeituosos ou fora das especificações. É a lógica cliente-fornecedor interno, onde uma estação de trabalho é cliente da estação anterior e fornecedora da seguinte.

Nesta lógica, quando um produto defeituoso passa à estação seguinte, geram-se custos de processamento deste produto defeituoso. Estes custos são tanto maiores quanto mais longe do ponto de origem do defeito for encontrado este produto, sendo que, se for encontrado em mãos do cliente externo, estes custos são difíceis de serem quantificados. Há os custos de perda de confiança deste cliente, ou possível perda total deste cliente, há a má fama que se espalha para os outros clientes, ou seja, está em jogo a imagem e a tradição da empresa, o que pode levar à perda de parte do mercado consumidor.

Alguns dos pontos relativos à qualidade que podem ser observados são os seguintes:

a) Qualidade de Materiais

A falta de qualidade de materiais que entram em processo gera estoques. Precisa-se de mais matéria-prima do que seria usual para a fabricação de certa quantidade de peças, devido às perdas geradas pela má qualidade da matéria-prima.

b) Qualidade de Processamento

A falta de garantia de qualidade no processamento aumenta estoques, pois devem haver peças ou matérias-primas extra para repor os produtos defeituosos gerados. Por si só, estas peças já são excessivas e, se não houverem peças defeituosas, elas ficarão estocadas. Por exemplo, se há um pedido de 300 peças e se é conhecido que a média de falhas no processo é de 10%, fabrica-se 333 peças. Se só ocorrerem 20 defeitos, tem-se 13 peças boas sobrando, pois o pedido era de apenas 300 peças. Se este foi um pedido único, estas 13 peças vão para o estoque na espera de que algum dia o pedido seja repetido. Se não houverem defeitos, haverá estoque da matéria-prima para estas 33 peças previstas.

Por outro lado, se ocorrerem mais de 10% de falhas, poderá haver a necessidade de providenciar mais matéria-prima para reposição. Deve-se, portanto, garantir a qualidade de processamento do produto para evitar estoques, retrabalho, sucata e custos extras desnecessários.

c) Qualidade no Setup

Normalmente, um processo de preparação de máquinas gera peças defeituosas nas etapas de regulagens e ajustes (corridas de teste). Estas peças exigem reposição quando são danificadas (sucata) ou retrabalho quando puderem ser reaproveitadas (considere-se, ainda, a necessidade de inspeção para verificar se a peça está boa ou não).

O que se procura com a Troca Rápida de Ferramentas é reduzir ao máximo as fases de regulagens e ajustes, procurando fazer com que se produza peças com qualidade desde o princípio. Se isto não ocorrer, o aumento da frequência de preparações pela redução de tamanhos de lote elevará muito os níveis de sucata e retrabalho.

2.6.6. Manutenção

No caso de se conseguir a sincronização, o balanceamento e todas as outras melhorias possíveis, restam os problemas de manutenção. Máquinas problemáticas prejudicam toda a harmonia gerada pela sincronização e pelo balanceamento.

Tradicionalmente, quando se tem uma máquina problemática, procura-se cercá-la de materiais para processamento, de tal forma que a linha de produção não pare nunca de produzir. São os chamados estoques de segurança.

A solução para este caso poderia ser o investimento em manutenção preventiva/preditiva, ou ainda em TPM (*Total Productive Maintenance* - Manutenção Produtiva Total). Segundo Nakajima (1989), TPM é uma adaptação da manutenção tradicional ao sistema de produção JIT, e quebra com a divisão de trabalho do tipo "eu opero, você conserta", pois toma como base o envolvimento de todos os trabalhadores na tarefa de manutenção e conservação das máquinas. Os operadores fazem a manutenção básica em seu próprio equipamento, aprendendo a detectar a possibilidade de problemas antes que haja uma parada não programada da máquina.

TPM inclui a manutenção preventiva/preditiva, aspectos de engenharia de manutenção, de confiabilidade, de engenharia econômica e de diversas outras técnicas, ferramentas e princípios, que a tornam peça chave para o funcionamento ininterrupto do sistema produtivo.

2.7. Visão Estratégica da Troca Rápida de Ferramentas Associada à Questão JIT/TQC

O aspecto estratégico e competitivo das empresas atuais consiste do que se chama *time-based competition* (Stalk, 1988), o que significa competição baseada no tempo. Evidentemente, este tempo se refere ao intervalo de tempo entre a identificação da necessidade do cliente e a satisfação desta necessidade, ou seja, refere-se à rapidez de distribuição e vendas, de compra e recebimento, de produção, de introdução de alterações em produtos e de desenvolvimento de novos produtos e sua introdução no mercado. Todos estes fatores têm relações entre si, e devem ser desenvolvidos o

máximo possível em conjunto. Considera-se, aqui, como tópico principal, aspectos relacionados principalmente à competitividade proporcionada por um sistema produtivo eficiente e eficaz.

A competição baseada no tempo pressupõe que outros fatores competitivos, característicos à produção, como custo, qualidade e flexibilidade, estejam resolvidos.

A "rapidez" de produção baseia-se principalmente na redução do *lead-time* (tempo de atravessamento), e um dos sistemas mais eficientes de produção que se baseia nesta característica é o JIT/TQC. Este sistema de produção proporciona redução de custos, aumento de qualidade e flexibilidade para atender às variações de mercado.

Conforme Shingo (1985), Macedo (1992) e Hay (1987), a Troca Rápida de Ferramentas é um passo básico e essencial para que se atinja uma produção JIT/TQC. Mas com base em quê é feita esta afirmação? Principalmente com base no fato de que todas as vantagens competitivas do JIT dependem da redução de *lead-time*. Esta redução do tempo de atravessamento depende da redução de estoques intermediários, que depende da sincronização da produção, que por sua vez depende de tamanhos de lote reduzidos. Por fim, a redução de tamanhos de lote de fabricação depende da redução de tempos de *setup*, isto é, da Troca Rápida de Ferramentas (como pôde ser observado nos sub-capítulos 2.5 e 2.6 deste trabalho).

Considerando-se, então, os aspectos de qualidade, custo, flexibilidade e tempo, tem-se que:

- A redução do tempo de atravessamento permite rápido atendimento às necessidades da demanda e, conseqüentemente, faturamento quase imediato, além de uma maior rotatividade de estoques;
- A redução do tempo de atravessamento, cuja origem é a Troca Rápida de Ferramentas, permite que alterações em produtos sejam introduzidos e estejam rapidamente no final da produção, já como produto final modificado. Tem-se, portanto, flexibilidade de introdução de alterações em produtos.
- A Troca Rápida de Ferramentas proporciona melhorias de qualidade, uma vez que reduz índices de refugos e retrabalhos gerados principalmente nas etapas de testes e ajustes normalmente existentes nos processos de preparação.
- A redução de custos proporcionada pela Troca Rápida de Ferramentas compreende os custos de qualidade, de estoques e de juros sobre o faturamento.

- A Troca Rápida de Ferramentas permite que se aumente o *mix* de produtos, pois proporciona flexibilidade e rapidez para o revezamento destes produtos. Existem condições para realizar preparações com maior frequência, pois o processo de *setup* torna-se mais rápido e seguro. Existe, portanto, uma flexibilidade relativa ao *mix* de produção.
- Como se pode aumentar o *mix* de produtos e trabalhar com lotes menores, pode-se atingir a nichos específicos de mercado, além de, devido à redução de *lead-time*, adaptar-se e responder rapidamente a variações de demanda.
- O aumento de variedade de produtos associado a pequenos lotes de fabricação e à sincronização da produção, acaba por promover uma melhor utilização da capacidade produtiva.

Em suma, a Troca Rápida de Ferramentas permite que uma empresa seja competitiva também através de um sistema de manufatura ágil e eficiente.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DAS PRINCIPAIS METODOLOGIAS DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS EXISTENTES NA LITERATURA

3.1. Introdução

Neste Capítulo discute-se as metodologias de redução do tempo de troca de ferramentas encontradas na literatura. As metodologias procuram definir os passos a serem seguidos, buscando o melhor meio de obter esta redução. A cada um destes passos correspondem técnicas específicas que as tornam operacionalizáveis.

Esta separação entre as etapas das metodologias e as técnicas de operacionalização torna este trabalho e o estudo do assunto mais didáticos. Shingo (1985) é o único autor que se preocupa em estabelecer uma clara separação entre metodologia e técnicas. Seguindo-se a lógica metodológica de Shingo, todos os outros textos dos autores aqui apresentados foram adaptados para que houvesse uma divisão clara entre metodologia e técnicas de operacionalização.

O objetivo destas metodologias e técnicas é a eliminação das "gorduras" do processo de Troca de Ferramentas, tornando-o mais simples e rápido. Através de análise e modificação do processo de troca de ferramentas, pretende-se incrementar a eficácia e a eficiência das tarefas executadas.

Inicialmente serão apresentadas as metodologias de Troca Rápida de Ferramentas encontradas na literatura, de acordo com os autores Shingo (1985), Monden (1984), Harmon & Peterson (1991), Hay (1992) e Hall (1983). Cada uma destas será criticada e discutida.

Após uma análise crítica para avaliar pontos coincidentes e complementares das metodologias, é proposta uma sinergia entre estas metodologias, gerando-se uma proposta preliminar de uma sistemática geral mais completa.

3.2. Metodologias Encontradas na Literatura Aberta

Todas as metodologias de redução de tempos de setup estudadas e discutidas a seguir, se baseiam nos princípios básicos de separação entre etapas de preparação internas e externas apresentados por Shingo (1985). Tarefas internas são aquelas que só podem ser realizadas com a máquina parada, e tarefas externas são aquelas que podem ser realizadas com a máquina ainda em operação.

3.2.1. Shigeo Shingo (1985)

A metodologia de aplicação da Troca Rápida de Ferramentas, chamada pelo autor de SMED (*Single Minute Exchange of Die* - troca de ferramentas em tempos inferiores a 10 minutos), constitui-se de quatro etapas, onde a primeira reflete o estado atual do processo:

1. Atividades de preparação interna e externa não são distingüidas;
2. Distingüir nitidamente entre as atividades internas e as externas;
3. Converter etapas de preparação interna em externa;
4. Simplificar ao máximo todos os aspectos das operações de preparação.

Passo 1 - Atividades de preparação interna e externa não são distingüidas pelas pessoas envolvidas no processo. Operações que podem ser realizadas externamente são realizadas com a máquina parada, sem produzir, aumentando seu tempo ocioso. Para realizar uma Troca Rápida de Ferramentas, deve-se estudar detelhadamente o processo atual de preparação de máquinas;

Passo 2 - Distingüir nitidamente entre as atividades internas e as externas, e realizar todas atividades externas realmente com a máquina em funcionamento, são os principais passos no sentido da troca rápida. Possivelmente, esta separação trará uma imediata redução de tempos entre 30% e 50%;

Passo 3 - Converter etapas de preparação interna em externa, reexaminando-se se não restou algum procedimento externo que é realizado como interno e buscando-se soluções tecnológicas para converter preparações internas em externas, podem ser o passo definitivo para atingir o SMED. Aqui se faz necessária uma análise mais

profunda das funções que certas peças e dispositivos realizam e esforços que sofrem, com o objetivo de simplificá-los ou eliminá-los;

Passo 4 - Simplificar ao máximo todos os aspectos das operações de preparação, tanto internas quanto externas, visando redução de tempos em ambos os casos, pode ocasionar uma redução ainda maior do tempo de *setup*. Neste contexto, o principal ponto a ser atacado é a eliminação dos ajustes.

Analisando-se esta metodologia de implantação, percebe-se que o passo inicial não precisa ser apresentado como uma fase da metodologia, mas pode ser apresentado como uma característica do processo atual de troca de ferramentas. Esta etapa inicial é importante de ser documentada, estudada e entendida, pois é com base nela que serão feitas as melhorias.

Conclui-se, então, que se pode incluir a etapa inicial como uma fase de coleta de dados do passo 2, podendo este ser sub-dividido em:

- a. Entendimento do processo atual de troca de ferramentas (coleta de dados);
- b. Análise deste processo para a diferenciação entre interno e externo;
- c. Garantia de execução de tarefas externas com a máquina em operação.

Deve-se notar ainda que, como disse o próprio Shingo (1985), os passos 2 e 3 podem ser realizados simultaneamente, sem necessidade de real divisão. O autor os separou apenas para mostrar que incluem duas fases, uma de análise e outra de implementação.

3.2.2. Yasuhiro Monden (1984)

Esta metodologia apresenta quatro conceitos básicos para redução de tempos de preparação:

1. Separar a preparação de ferramentas em interna e externa;
2. Transferir ações da troca interna para externa;
3. Eliminar o processo de ajuste;
4. Abolir por si mesma a troca de ferramentas.

Passo 1 - Separar a preparação de ferramentas em interna e externa. Preparação interna ocorre com a máquina parada e somente a remoção e colocação de ferramentas deve ser realizada. Preparação externa ocorre com a máquina em funcionamento e antes (no caso de preparação de ferramental) ou após a troca de ferramentas (quando

for guardar o ferramental). Nesta etapa procura-se reduzir ao máximo o tempo de máquina parada;

Passo 2 - Transferir ações da troca interna para externa é o conceito mais importante relativo à Troca Rápida de Ferramentas. Realiza-se, principalmente, pela preparação de condições operacionais com antecedência;

Passo 3 - Eliminar o processo de ajuste, que toma, normalmente, de 50% a 70% do tempo de preparação interno;

Passo 4 - Abolir, por si mesma, a troca de ferramentas, usando o desenho do produto e mesmas peças para diferentes produtos (padronização) ou produzindo diferentes peças ao mesmo tempo em várias máquinas, em paralelo.

Numa análise desta metodologia torna-se evidente o relacionamento da descrição dos passos e de sua seqüência lógica com a metodologia proposta por Shingo (1985).

Percebe-se que a eliminação de ajustes proposta no passo 3 inclui-se na etapa de simplificação de operações (etapa 4) proposta por Shingo. Apenas o passo 4 de eliminação/minimização da necessidade de realização da troca de ferramentas é uma inovação. Com relação a este passo 4, contudo, não se deve considerar a opção de reduzir o número de preparações pela acumulação de pedidos iguais, pois isto acaba por gerar estoques através de uma falta de sincronização e de balanceamento (ver Capítulo 2).

3.2.3. Roy L. Harmon e Leroy D. Peterson (1991)

Inicialmente estes autores definem três tipos de operações de preparação:

- operações *mainline*: são realizadas com a máquina parada (tarefas internas);
- operações *offline*: são realizadas com a máquina em funcionamento (tarefas externas). Às vezes são realizadas com a máquina parada, e sua passagem para *offline* libera capacidade de máquina;
- operações desnecessárias: são as atividades realizadas que não geram real benefício, tais como o deslocamento do operador até a ferramentaria para buscar ferramentas. Se as ferramentas estivessem próximas à máquina, essa atividade seria eliminada.

Para haver ganhos reais de tempo e custo, pode-se reduzir ambos os tempos de preparação interno e externo seguindo as etapas descritas abaixo, estruturadas a partir

de análise e entendimento do texto, e adaptadas para diferenciar entre metodologia e técnicas de operacionalização:

1. Identificar atividades desnecessárias, internas e externas;
2. Eliminar atividades desnecessárias;
3. Diferenciar entre interno e externo;
4. Eliminar "tentativa e erro".

Passo 1 - Identificar atividades desnecessárias, internas e externas, com o objetivo de compreender e documentar o processo atual de *setup*.

Passo 2 - Eliminar atividades desnecessárias, que não contribuem efetivamente para o *setup*.

Passo 3 - Diferenciar entre interno e externo, passando atividades externas que estão sendo realizadas com a máquina parada, como se fossem *mainline*, para *offline*;

Passo 4 - Simplificar/eliminar tentativa e erro, ou seja, os ajustes. Eliminar o processo de ajustes de ferramentas, eliminar corridas de testes e reajustes, eliminar variabilidades em relação a ajustes de diferentes peças em diferentes máquinas.

Uma análise da metodologia proposta por Harmon & Peterson (1991) revela que as fases de identificação e eliminação de atividades desnecessárias não merecem todo este enfoque dado pelos autores. Parece óbvio que, num processo sério de análise e modificação com objetivos de atingir uma Troca Rápida de Ferramentas, qualquer atividade desnecessária será certamente eliminada. Não há a necessidade de haver um passo de uma metodologia dedicado especialmente a estas atividades inúteis.

Assim como ocorreu com Monden (1984), a etapa de eliminação de ajustes proposta por estes autores se inclui na etapa 4 da metodologia de Shingo (1985).

3.2.4. Edward J. Hay (1992)

A metodologia proposta por Hay consiste de 9 passos básicos:

1. Conscientizar e envolver a alta administração;
2. Escolha de um equipamento ou processo a ser melhorado;
3. Escolher a equipe de trabalho;
4. Treinar a equipe;

5. Diferenciar entre trabalho interno e externo;
6. Converter tarefas internas em externas;
7. Eliminar ajustes de qualquer espécie;
8. Simplificar os sistemas de fixação;
9. Eliminar problemas que impedem a fluência de acontecimentos.

Passo 1 - Conscientizar e envolver a alta administração: um fator básico do qual depende o sucesso dos esforços para a redução de tempos de preparação é a conscientização, apoio e comprometimento da alta administração. Para que a administração esteja de acordo com o processo, deve-se discutir o que, por quê, e por quem ele será realizado.

- O que será feito: aqui apresentam-se os objetivos de simplificar o ato físico da preparação e de reduzir seu tempo (pelo menos 75% de redução com baixo custo), além de uma definição do tempo de preparação. Outro tópico a ser discutido é a redução do custo da preparação, que deve ser uma consequência da redução do tempo de troca, e não da redução de pessoal envolvido na preparação;
- Por que será feito: discute-se a questão de utilizar a capacidade liberada para produzir mais ou para realizar maior número de preparações a fim de reduzir tamanhos de lotes. Um aumento na produção pode ser indicada se a máquina em questão for um gargalo produtivo, ao passo que a redução de lotes permite a fabricação com a frequência exigida e uma produção regular e repetitiva para a realização da sincronização e do balanceamento da produção;
- Quem será envolvido: não se trata de um trabalho de engenharia, mas do envolvimento de funcionários e de um trabalho em equipe. O tempo maior de *setup* refere-se a problemas "administrativos", como a localização do ferramental correto, encontrar o encarregado da preparação, esperar a empilhadeira etc. Estes problemas não tem relação com a máquina e, portanto, não exigem a intervenção dos engenheiros;

Passo 2 - Escolha de um equipamento ou processo a ser melhorado: deve-se escolher o equipamento que dê maiores ganhos à empresa, e que tenha, de preferência, uma preparação complexa, pois esta geralmente contém os passos de uma mais simples;

Passo 3 - Escolher a equipe de trabalho, composta de pessoal capacitado e com autonomia suficiente (onde devem se incluir os operadores). Escolher o líder, que deve ter condições de reduzir a burocracia e agilizar os processos. Portanto:

Uma equipe típica deve ser composta de duas a quatro pessoas do setor de preparação de máquinas, apoiadas por uma ou duas pessoas das áreas de engenharia ou técnica (manutenção, ferramentaria, projeto), que conheçam bem o equipamento. Os engenheiros são necessários para garantir a segurança e os padrões técnicos das alterações propostas, ou seja, eles têm um papel de apoio, e não de liderança;

É necessária a presença de um líder, que conheça bem as diretrizes administrativas da empresa para que possa garantir a execução do processo. Ele deve controlar compromissos e atribuir responsabilidades, ser o porta-voz do grupo e documentar os avanços conseguidos;

Outros membros, como funcionários da contabilidade, custos, vendas ou marketing, cuja presença nem sempre é exigida, devem ser convidados apenas quando houver necessidade.

Passo 4 - Treinar a equipe de trabalho, para que ela aprenda como melhorar os processos de troca de ferramentas fazendo uso de técnicas adequadas;

Passo 5 - Diferenciar entre trabalho interno e externo: trabalho interno é aquele que só pode ser feito com o equipamento parado, e trabalho externo é aquele que é realizado com o equipamento parado, embora não haja qualquer razão técnica para ele não estar funcionando. A separação destes dois tipos de tarefas não muda necessariamente o volume de trabalho, mas apenas muda o conceito de tempo para a sua execução;

Passo 6 - Converter tarefas internas em externas, de modo que elas possam ser realizadas com a máquina em operação;

Passo 7 - Eliminar ajustes de qualquer espécie: eliminar corridas de testes e reajustes, que devem ser consideradas um tabú pois não deve nunca haver uma peça estragada durante a preparação; eliminar o processo de ajustes de posicionamento de ferramentas, buscando-se o autoposicionamento; eliminar as diferentes maneiras de se realizar um mesmo ajuste; e eliminar possibilidades de ajustes desnecessários, pois muitas máquinas permitem uma infinidade de ajustes, quando, na prática, poucos destes são necessários;

Passo 8 - Simplificar os sistemas de fixação, buscando eliminar a utilização de ferramentas e parafusos, pois, para ajustes de máquinas, parafusos são o que há de

mais impróprio. Deve haver uma análise dos esforços envolvidos e o questionamento de outros métodos de fixação, de preferência que exijam apenas um ou dois movimentos;

Passo 9 - Eliminar problemas que impedem a fluência de acontecimentos na preparação, isto é, eliminar pequenas dificuldades de realização de tarefas, como a falta de parafusos e ferramentas adequadas, ou certa burocracia existente. Geralmente as pessoas convivem tanto com estes problemas que nem os percebem mais.

As etapas de conscientização e envolvimento da alta administração, a escolha de um equipamento e de uma equipe de trabalho, e o treinamento desta equipe, demonstram a preocupação do autor com as características culturais de seu país e com a formulação de uma metodologia adequada. O SMED de Shingo (1985) foi desenvolvido na Toyota, onde existia um ambiente favorável, não sendo necessária a inclusão de tais preocupações em sua sistemática (estão implícitas no modelo para o qual foi desenvolvida a metodologia). Na Toyota a administração estava convencida da grande importância do tempo de *setup* e dos ganhos que seriam gerados com a sua redução e, portanto, estava também disposta a investir estrategicamente neste sentido. A escolha de um equipamento também não era difícil de determinar, pois a sincronização, o balanceamento, os lotes de tamanhos reduzidos e o sistema Kanban, permitiam fácil identificação do equipamento mais problemático ou mais importante (os gargalos eram mais aparentes). A formação e treinamento de equipes não era problemática, pois já estava incutido nos trabalhadores um espírito de cooperação e de trabalho em grupo, e, além disto, estes trabalhadores tinham um bom nível educacional.

Hay também demonstra preocupação em dar uma visão de médio e longo prazos ao processo de implementação da Troca Rápida de Ferramentas, pois o envolvimento da alta administração e o treinamento de trabalhadores conferem estas características à sua metodologia.

As etapas 5, 6 e 7 têm relação estreita com a metodologia de Shingo (1985), tanto com relação à sua seqüência quanto ao seu conteúdo. A oitava etapa, de simplificação de sistemas de fixação, se inclui na 4ª etapa da metodologia de Shingo.

A eliminação de problemas proposta na etapa 9 está incluída em cada uma das etapas de Shingo, pois o princípio básico do processo é realmente simplificar e eliminar problemas, de tal forma que se atinja a Troca Rápida de Ferramentas.

Em linhas básicas, a metodologia indicada por Hay para chegar à redução do tempo de preparação, parte do princípio de inicialmente preparar o ambiente (passo

1), então decidir quem vai trabalhar e onde (passos 2, 3 e 4) e depois definir como melhorar (passos 5 a 9).

3.2.5. Robert W. Hall (1983)

Como as metodologias anteriores, esta também se baseia na distinção entre preparação Interna e Externa.

Após a distinção entre metodologia e técnicas de operacionalização, obtém-se a seguinte metodologia básica:

1. Analisar o futuro do processo produtivo;
2. Estudar o método atual de troca de ferramentas;
3. Realizar o máximo de preparações externas com a máquina em operação;
4. Eliminar o máximo de ajustes possíveis;
5. Substituir máquinas complexas por células de equipamentos mais simples

Passo 1 - Analisar o futuro do processo produtivo. Esforços para reduzir tempos de troca podem ser desperdiçados se forem mal direcionados, pois podem haver planos para alteração ou substituição de algum produto ou até mesmo de algum processo. O processo produtivo deve ser analisado como um todo, para que se planeje e direcione a Troca Rápida de Ferramentas de forma efetiva. Dentro disto, escolhe-se um equipamento que esteja disponível e que seja simples de entender;

Passo 2 - Estudar e documentar o método atual de troca de ferramentas, analisando procedimentos e baseando-se em gráficos de Pareto para a execução de melhorias. Deve-se procurar trabalhar em equipamentos que estejam disponíveis e que sejam relativamente simples de entender. Também deve-se realizar as modificações mais simples primeiro, e depois partir para uma análise de Pareto nos tempos de execução de tarefas de *setup* para priorizar o ataque;

Passo 3 - Realizar o máximo de preparações externas com a máquina em operação, buscando minimizar o tempo de parada de máquina. Isto pode levar a reduções imediatas de 50% ou mais;

Passo 4 - Eliminar o máximo de ajustes possíveis é o passo mais eficiente para reduzir mais ainda os tempos de *setup* interno restantes, e uma consequência direta deve ser a eliminação de sucata normalmente gerada em processos de ajustes;

Passo 5 - Substituir equipamentos complexos por células de equipamentos mais simples que realizem as mesmas funções. A preparação de equipamentos complexos geralmente exige pessoal especializado e leva muito tempo, além destes equipamentos serem mais difíceis de se modificar fisicamente. Equipamentos simples representam equipamentos mais flexíveis, exigem manutenção simplificada e são mais fáceis de converter para uma Troca Rápida de Ferramentas.

Assim como Hay (1992), Hall se preocupa com o futuro, mas, neste caso, é com o futuro técnico, isto é, com o futuro do processo produtivo como um todo (etapa 1), e não com aspectos gerenciais, como convencimento, motivação e treinamento.

A etapa de estudo do método atual, a separação entre preparação interna e externa, e a eliminação de ajustes têm etapas correspondentes na metodologia de Shingo (1985).

Uma outra inovação desta metodologia é a avaliação da possibilidade de substituir equipamentos complexos por células de equipamentos mais simples.

3.3. Análise das Metodologias Apresentadas e Proposta Preliminar de uma Sistemática Geral

Inicialmente, cabe colocar que todas estas diferentes metodologias apresentadas anteriormente, seguem os princípios de separação entre tarefas internas e externas e de eliminação ou redução de ajustes, desenvolvidos e propostos por Shingo (1985). Ou seja, sob ponto de vista técnico, todas as metodologias são estabelecidas a partir do trabalho original de Shingo.

Percebe-se que apenas Hay (1992) e Hall (1983) têm alguma preocupação com a preparação de um ambiente favorável à implantação da Troca Rápida de Ferramentas. Shingo (1985) nem sequer questiona uma etapa de convencimento da gerência e de treinamento dos operadores, pois isto já está implícito no ambiente JIT/TQC.

Na intenção de gerar uma metodologia de implantação que tenha características administrativas e gerenciais, que considere um planejamento de curto, médio e longo prazos, com o objetivo de permitir uma implantação global e ordenada da Troca Rápida de Ferramentas, propõe-se a sinergia destas diferentes metodologias. A análise comparativa das metodologias apresentadas pelos diferentes autores permite o desenvolvimento de uma metodologia geral que seja uma combinação conveniente de seus pontos coincidentes e complementares. Esta nova metodologia tem os pontos

fortes de cada uma das anteriores, e apresenta uma certa preocupação em preparar um ambiente favorável à implantação da Troca Rápida de Ferramentas. A metodologia resultante tem os seguintes passos:

- ⇒ Primeiro: Convencimento, conscientização e comprometimento da alta administração;
- ⇒ Segundo: Análise do futuro do sistema e do processo produtivo;
- ⇒ Terceiro: Escolha e definição de uma preparação a ser melhorada;
- ⇒ Quarto: Formação de uma equipe de trabalho;
- ⇒ Quinto: Treinamento desta equipe de trabalho;
- ⇒ Sexto: Separação entre preparação interna e externa;
 - a) Entendimento do processo atual de preparação;
 - b) Análise do processo para diferenciação entre interno e externo;
 - c) Garantia de execução de tarefas externas com a máquina em operação;
- ⇒ Sétimo: Transferência de preparações internas para externas;
- ⇒ Oitavo: Simplificação de preparações internas e externas;
- ⇒ Nono: Substituição de equipamentos complexos por células de máquinas mais simples;
- ⇒ Décimo: Abolir a troca de ferramentas;

Existem alguns passos das metodologias propostas pelos diferentes autores que não se encontram explicitamente na sistemática proposta, mas que estão implícitas no processo, como é o caso da identificação e eliminação de atividades desnecessárias propostas por Harmon & Peterson (1991), e da simplificação dos sistemas de fixação e eliminação de problemas propostos por Hay (1992).

Esta é uma sistemática teórica, desenvolvida apenas com base na literatura estudada e, portanto, com base na experiência prática que os autores obtiveram em indústrias de seus próprios países. Certamente existem diferenças culturais entre estes países e suas empresas, às quais levaram os autores a desenvolverem diferentes

metodologias, cada uma mais adequada às suas próprias características e necessidades.

CAPÍTULO 4

PROPOSTA DE UMA SISTEMÁTICA DE IMPLANTAÇÃO DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

4.1. Introdução

Uma análise da metodologia geral resultante da combinação entre as diferentes metodologias encontradas na literatura demonstra que há pouca preocupação com a criação de um ambiente favorável à implantação de um programa geral de Troca Rápida de Ferramentas para toda a empresa. Esta metodologia geral se preocupa muito com as etapas técnicas, a respeito dos passos a seguir para que se possa analisar e solucionar o problema, o que caracteriza uma visão limitada, de curto prazo, com a lógica de resolver o problema de uma máquina em específico. Poucos autores se preocupam com uma etapa de treinamento e conscientização (Hay, 1992) e com uma análise do processo produtivo como um todo (Hall, 1983).

A partir da análise das metodologias e técnicas apresentadas e de uma visão crítica do processo de Troca de Ferramentas como um todo, pode-se formular uma sistemática de implantação bastante completa. A Troca Rápida de Ferramentas é uma das técnicas básicas para atingir o JIT, ao lado do rearranjo físico de máquinas, dos operadores multifuncionais e das operações padrão, todas baseadas em atividades de pequenos grupos (Monden (1984), ver fig. 2.1 do Capítulo 2 deste trabalho). Portanto, percebe-se que, como sendo um dos passos primários para atingir o JIT, a Troca Rápida de Ferramentas não necessita de um ambiente JIT completo para sua implantação, embora isto fosse idealmente desejável, mas sim do envolvimento de pessoas em todos os níveis, desde a alta administração até o operador de máquinas.

Além disto, sente-se a necessidade do estabelecimento de diretrizes, de políticas, para definir formas de agir relativamente a diversos tópicos gerenciais, como a aquisição/substituição de equipamentos e o projeto de produtos.

Uma metodologia que aborde níveis estratégicos, táticos e operacionais e que tenha planejamento para curto, médio e longo prazos parece adequada. O nível estratégico teria por finalidade adequar e preparar o ambiente para a implantação da Troca Rápida de Ferramentas, enquanto que o nível tático se preocuparia em formar políticas gerenciais de médio e longo prazos. E é principalmente com relação a estas políticas gerenciais que forma-se uma nova sistemática de implantação de Troca Rápida de Ferramentas. O nível operacional teria por objetivo apresentar uma seqüência de passos que direcionem o processo de análise e solução do problema de Troca Rápida de Ferramentas.

4.2. Proposta de Sistemática de Implantação

Desta maneira, pode-se propor uma sistemática de implantação de Troca Rápida de Ferramentas, que leve em consideração o médio e longo prazos, e que se preocupe em criar um ambiente favorável ao processo de implantação. Esta sistemática consiste, basicamente, dos seguintes passos:

1. Convencimento, conscientização e comprometimento da alta administração;
2. Estabelecimento de uma equipe estratégica;
3. Análise do futuro da planta produtiva:
 - a) alterações em processos;
 - b) alterações de pessoal;
 - c) alterações em venda/aquisição de equipamentos;
 - d) alterações em produtos e no *mix* geral atual;
4. Estabelecimento de políticas de médio e longo prazos, tais como:
 - a) aquisição de equipamentos;
 - b) projeto de produtos visando à Troca Rápida de Ferramentas;
 - c) priorização ao ataque;
 - d) definição de metas;
 - e) construção padronizada de dispositivos, ferramentas e máquinas;
 - f) disponibilidade da ferramentaria e da manutenção;

- g) educação e treinamento;
 - h) formação das equipes de trabalho;
 - i) normas de segurança e risco;
 - j) normas de documentação.
5. Definição do equipamento/processo a ser estudado;
 6. Escolha e treinamento das equipes de trabalho;
 7. Separar preparação interna de externa:
 - a) levantamento de dados;
 - b) análise;
 - c) execução;
 8. Simplificação dos passos internos e externos;
 9. Transferência de passos internos para externos.

4.2.1. O Nível Estratégico

Este nível visa preparar o ambiente para que um plano de Troca Rápida de Ferramentas tenha sucesso de implantação, buscando criar uma lógica de análise do sistema produtivo que tenha validade a longo prazo. Ele consiste dos seguintes passos da sistemática proposta:

Passo 1. Convencimento, conscientização e comprometimento da alta administração;

Passo 2. Estabelecimento de uma equipe estratégica;

Passo 3. Análise do futuro da planta produtiva.

Passo 1. Convencimento, conscientização e comprometimento da alta administração

O apoio da alta administração a um projeto de Troca Rápida de Ferramentas é fundamental, pois, a partir daí, ele terá sua importância reconhecida por toda a empresa. Este apoio pode ser fortalecido por uma boa divulgação do projeto e de seus objetivos em todos os níveis da empresa. Para tal, é importante que haja uma apresentação formal do projeto para todos da empresa (produção, vendas, marketing, finanças etc.), principalmente porque a Troca Rápida de Ferramentas tem reflexos em todos os níveis.

A alta administração tem papel essencial no que diz respeito à liberação de mão-de-obra e de recursos. Ela deve participar do planejamento global das mudanças e do acompanhamento e controle das atividades.

Pode-se discutir a fundamentação de um projeto de Troca Rápida de Ferramentas com a alta administração, baseando-se em aspectos¹ tais como:

- a) a lógica macroeconômica da competição capitalista: uma maior concorrência e mudanças nas exigências do mercado, fazem necessária a produção de itens mais diversificados e com menores volumes. Tradicionalmente tem-se acreditado que a cada vez que a variedade dobra, os custos aumentam em torno de 30%, e que a cada vez em que o volume dobra, estes se reduzem em torno de 20% (Stalk, 1988). Então, como produzir maior variedade e menor volume sem que os custos aumentem em demasia? Esta resposta os japoneses descobriram, e sua chave é a redução do tempo de atravessamento, ou melhor, do tempo necessário desde o pagamento da compra da matéria-prima até o faturamento do produto acabado, o que inclui tempos de entrega e transporte, de tramitação dos pedidos (burocracia), tempos de estocagem etc.
- b) a lógica microeconômica: a fim de controlar os custos de produção relacionados à quantidade e volume, tradicionalmente utiliza-se o chamado lote econômico de produção (LEF), que define um tamanho mínimo de lote de fabricação ao qual correspondem os menores custos de estocagem e de preparação de máquinas. No entanto, existe também o lote econômico de compra, que muitas vezes pode ser maior do que se faz necessário (LEF), exigindo estocagem de materiais. Os japoneses buscam o ideal de tamanhos de lote de fabricação e de compra iguais (e unitários), e o caminho para chegar a isto é a redução drástica dos tempos de preparação de máquinas e a parceria com os fornecedores.
- c) a lógica financeira: geralmente a produção não tem condições de atender ao programa de produção semanalmente, isto é, atender primeiramente os pedidos dos clientes para a primeira semana, depois para a segunda, a terceira e a quarta semanas. O que ocorre é que geralmente se produz todo o programa do mês para um item, depois todo o programa do mês para outro item, e assim por diante. Isto acaba prejudicando financeiramente a empresa, pois o faturamento mensal não é homogêneo: a sua maior parte ocorre no final do mês. Pode-se relacionar a isto um juro sobre o

¹ Alguns destes aspectos já foram melhor discutidos no Capítulo 2.

faturamento, que deve contar a partir do momento em que a matéria prima é comprada. Quanto antes este material for transformado e faturado, menores serão os juros sobre este faturamento.

A Troca Rápida de Ferramentas permite atender aos pedidos de cada semana (ou até de cada dia) tornando o faturamento mais homogêneo durante o mês. Além disto, com a Troca Rápida de Ferramentas e a sincronização da produção, o *lead-time* diminui, reduzindo-se os custos financeiros sobre os estoques, pois haverá um giro muito maior de materiais, já que em pouco tempo estes entram como matéria-prima e saem como produtos acabados. Isto também reduz o juro sobre o faturamento, pois o objetivo é transformar a matéria-prima em produto e faturá-lo num mesmo dia.

- d) o que se pretende: neste processo procura-se reduzir drasticamente o tempo de preparação de máquinas, através da simplificação do ato físico da preparação, realizando-se melhorias organizacionais e utilizando-se técnicas de baixo custo relativo².

Numa ótica de curto prazo, procura-se liberar capacidade em máquinas gargalo para aumento de produção. A longo prazo, procura-se fazer com que todas as máquinas da fábrica tenham condições de realizar uma troca rápida, proporcionando-se, além da redução de custos pela redução de estoques, uma maior flexibilidade na produção (como discutido no Capítulo 2);

- e) quem realizará o trabalho: a lógica de trabalhos em grupo é a base para que se tenha resultados eficientes e de consenso geral. Para a implantação de um programa de Troca Rápida de Ferramentas parte-se de três níveis de trabalho, aos quais correspondem equipes específicas. Tem-se, então:

Equipe estratégica: é responsável pelo planejamento de toda a estrutura e formação das políticas de funcionamento (passo 4) do programa de Troca Rápida de Ferramentas para toda a fábrica.

Equipe de trabalho: é a responsável pela análise, proposição e implementação de melhorias possíveis seguindo as regras definidas pela equipe estratégica e baseando-se nas etapas posteriores à sexta etapa desta

² No princípio, as técnicas utilizadas são quase todas de cunho organizacional, exigindo baixos investimentos. À medida que o processo de implantação avança, as técnicas exigem maiores investimentos, devido à necessidade de alterações físicas em equipamentos e ferramentas. Contudo, os ganhos proporcionados pela Troca Rápida de Ferramentas tendem a cobrir facilmente estes investimentos.

sistemática aqui proposta. Uma equipe destas é formulada para atacar um problema específico e depois é desmontada (*task-force*).

Ferramentaria e manutenção: são os responsáveis por realizar as alterações físicas necessárias, de acordo com as propostas apresentadas pela equipe de trabalho, da qual fazem parte.

Passo 2. Estabelecimento de uma equipe estratégica

Esta equipe constitui-se num grupo responsável pelo planejamento global do projeto de Troca Rápida de Ferramentas. É ela que vai realizar as etapas iniciais desta sistemática (etapas 3, 4, 5 e 6), buscando dar a este projeto condições para um trabalho continuado, seguro e de longo prazo. Ela tem a função de dar suporte ao processo de implantação, destinar recursos e abrir caminho para que ocorram as modificações necessárias.

É composta de um comitê de pessoas de diferentes qualificações, com autoridade própria para a realização de mudanças. Devem participar pessoas da alta administração, inclusive o símbolo máximo de poder da empresa (diretor), para realmente gerar o interesse que este trabalho de planejamento merece.

Consultores ou assessores externos seriam indicados para providenciar o treinamento adequado, e devem coordenar os trabalhos, procurando manter a equipe no rumo certo.

Então, dentro de uma organização típica de uma empresa, como representado na figura 4.1, tem-se a equipe estratégica formada pelo diretor, pelo gerente financeiro, pelo gerente industrial, pelos diversos sub-gerentes (engenharia, produção, manutenção, compras, controle de qualidade etc.) e pelos consultores e assessores externos. É importante ressaltar que esta hierarquia não deve prevalecer dentro da equipe, pois o objetivo é o trabalho em conjunto, com plena cooperação.

Um dos componentes da equipe estratégica deveria participar como um líder nas equipes de trabalho. Este deve ser um facilitador no caso de problemas políticos, burocráticos ou financeiros, que saiba organizar detalhes logísticos e trabalhar com grupos e indivíduos. É ele quem vai comandar os trabalhos dentro das políticas de funcionamento estabelecidas no passo 4 desta sistemática. Este líder deveria participar do maior número de equipes possível. Ele seria o maior encarregado no processo, um representante do projeto de implantação da Troca Rápida de Ferramentas em toda empresa.

Esta equipe estratégica deve saber como é o processo de implantação da Troca Rápida de Ferramentas, inclusive as técnicas utilizadas para tal, a fim de que possam avaliar e planejar com clareza e segurança a implantação em sua empresa. Para isto faz-se necessário um treinamento específico, como é indicado no passo 4 (estabelecimento de políticas de médio e longo prazos).

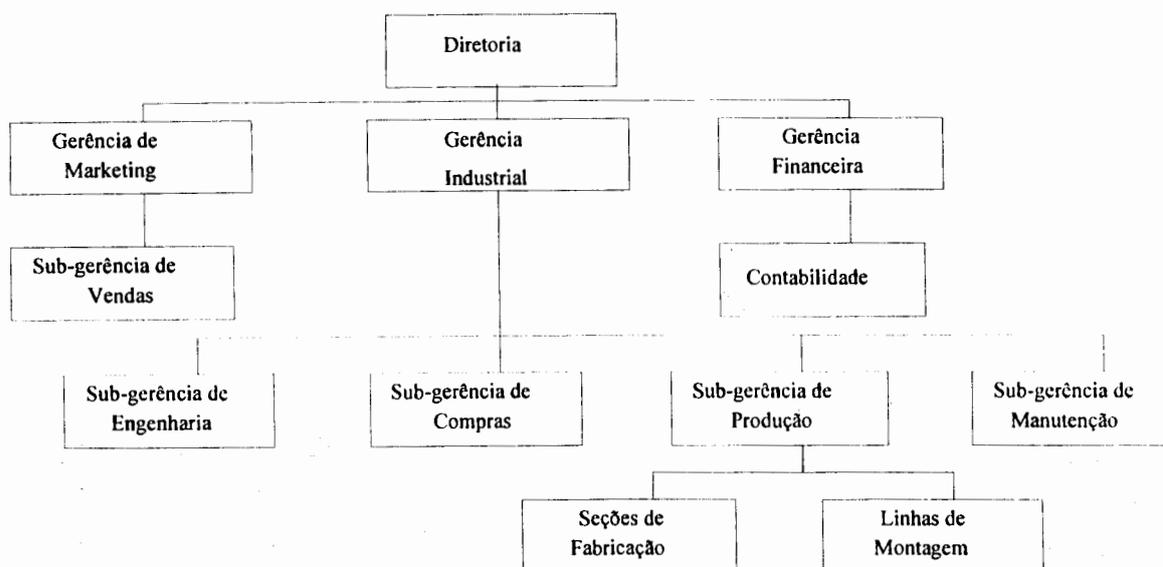


Figura 4.1 - Organização típica de uma empresa industrial de porte médio (baseado em Russomano (1986)).

Passo 3. Análise do futuro da planta produtiva

Uma análise do futuro da planta produtiva é necessária para que esforços de redução de tempos de troca de ferramentas não sejam desperdiçados por serem mal planejados e direcionados. Para isto, torna-se importante a definição de algumas políticas de atuação, sendo inevitável a ligação deste passo 3 com o passo 4 da sistemática geral, onde se propõe a necessidade de discussão de diversas políticas de planejamento e de atuação.

A verificação e a garantia de que planos de modificações em processos e produtos não prejudiquem ou gerem o desperdício de esforços na Troca Rápida de Ferramentas é tarefa da gerência, e deve fazer parte do seu trabalho rotineiro. Prever estes planos não é tarefa fácil, mas é de boa ajuda a revisão de que peças e produtos estão destinados a que processos, ou seja, procurar definir a possibilidade de criar fábricas focalizadas ou células de produção.

A realização de uma análise destas também demonstra que a gerência e a administração estão envolvidas e interessadas no processo, o que complementa a primeira etapa de comprometimento da alta gerência.

Alguns pontos que devem ser levados em consideração nesta análise são:

- alterações em processos: geralmente compreendem a compra ou venda de equipamentos, ou modificações técnicas destes. Estas alterações devem ser previstas e planejadas, integrando-se ao projeto de Troca Rápida de Ferramentas, pois não se pode perder esforços na alteração de um equipamento ou processo que vai ser eliminado. Sugere-se levar em consideração as características apresentadas na política de aquisição e substituição de equipamentos do passo 4;

- alterações em pessoal: este é um fator primordial no projeto, pois são as pessoas que vão realizar os trabalhos. Não se pode perder esforços (treinamento, motivação, envolvimento) com pessoas que podem vir a ser desligadas da empresa, que não queiram ou não tenham condições de participar do processo, ou que não estejam convencidas de sua importância, principalmente pelo efeito negativo que recai sobre os outros interessados. Torna-se importante o índice de rotatividade de pessoal da empresa;

- alterações em produtos: a criação de novos produtos ou a alteração de produtos já existentes podem afetar diretamente a Troca Rápida de Ferramentas e, por isso, também deve se integrar ao projeto de implantação da Troca Rápida de Ferramentas. Ou seja, projetos de produtos devem também levar em consideração a Troca Rápida de Ferramentas. Note-se que o passo 4 desta sistemática envolve uma política de projeto de produtos padronizados com vistas à redução do número de ferramentas e, conseqüentemente, redução do número de preparações necessárias. Esta padronização de produtos pode ser realizada antecipadamente, pois em alguns casos, devido à simplificação do *mix* de produção, isto evita que se desperdicem esforços. Alterações no *mix* de produtos, muitas vezes ocasionados por moda ou sazonalidades de demanda, também devem ser observados.

4.2.2. O Nível Tático

Aqui se procura analisar e propor políticas gerenciais e de atuação gerais, que dêem ao projeto de implantação global da Troca Rápida de Ferramentas uma característica de validade de médio e longo prazo, de tal forma que tudo seja planejado antecipadamente, evitando-se imprevistos e problemas de definição de objetivos e responsabilidades. São basicamente políticas que permitem o planejamento e direcionam a atuação de forma concisa. O nível tático consiste do passo 4 desta sistemática, de estabelecimento de políticas de médio e longo prazos.

Passo 4. Estabelecimento de políticas de médio e longo prazos

Estas políticas são necessárias para viabilizar um projeto de Troca Rápida de Ferramentas a médio e longo prazo. Cada empresa tem uma forma diferente de trabalhar e uma estrutura de recursos humanos característica. Portanto, estas políticas podem ter variações de caso a caso, sendo que o procedimento mais indicado é o desenvolvimento de políticas próprias, adaptadas à realidade de cada empresa. Estas políticas são relativas aos seguintes aspectos:

- a) aquisição e substituição de equipamentos;
- b) projeto de produtos visando a Troca Rápida de Ferramentas;
- c) procedimentos gerais de priorização ao ataque;
- d) definição de metas para planejamento;
- e) construção padronizada de dispositivos, ferramentas e máquinas;
- f) disponibilidade da ferramentaria e da manutenção;
- g) educação e treinamento;
- h) formação das equipes de trabalho;
- i) normas de segurança e risco;
- j) normas de documentação.

Os assuntos abordados por cada um destes itens são discutidos a seguir:

a) aquisição e substituição de equipamentos

Normalmente, a aquisição de novas máquinas dá-se na busca de uma maior produtividade e maior qualidade, não levando em consideração a Troca Rápida de Ferramentas. A compra de equipamentos geralmente busca aumento de capacidade produtiva. Uma vez que um bom estudo e a implantação da redução de *setup* libera capacidade, pode-se eliminar a necessidade de compra de equipamentos, tal como ocorreu no estudo de caso na fábrica de móveis (Cap. 6).

Nem sempre a aquisição de equipamentos novos surtirá o efeito desejado com relação à Troca Rápida de Ferramentas, pois estes equipamentos geralmente são idealizados para atender aos mais diversos clientes. Como cada cliente tem necessidades específicas no que diz respeito à Troca Rápida de Ferramentas, ele terá de adaptar este equipamento para suas necessidades e suas atividades. O ideal seria produzir ou alterar seu próprio equipamento.

Segundo Hayes (1990), pelo menos 50% dos equipamentos de empresas japonesas são desenvolvidos dentro das próprias fábricas, pelos seus próprios

engenheiros e operadores, e aproximadamente 40% do P&D se destinam ao aperfeiçoamento de máquinas e processos. Estes equipamentos e dispositivos são dirigidos às próprias necessidades da empresa, e têm custos e prazos de entrega menores. Os custos são menores porque a máquina pode ser mais simples, menos robusta, dedicada somente a determinadas necessidades; não são máquinas de utilidade geral. Seus custos também não incluem o lucro do fabricante e nem seus custos de ineficiência, embutidos nos preços. Também não ficam sujeitos aos preços de mercado, variáveis com a situação em que este se encontra.

Percebe-se a importância da análise do equipamento sob ponto-de-vista da Troca Rápida de Ferramentas, uma vez que se identificam alterações necessárias e pontos potenciais de melhorias em equipamentos e procedimentos.

Uma vez decidida a compra de novos equipamentos, deve-se procurar comprar equipamentos já adaptados à Troca Rápida de Ferramentas.

A compra de equipamentos novos pode, também, levar em conta a necessidade de facilitar o *setup* via simplificação dos equipamentos, isto é, pela substituição de equipamentos complexos por células de equipamentos mais simples que realizem as mesmas operações.

A troca de ferramentas em equipamentos complexos geralmente exige pessoal especializado e leva muito tempo. Estes equipamentos também são mais difíceis de serem modificados fisicamente para uma Troca Rápida de Ferramentas.

Substituir equipamentos complexos por células de equipamentos mais simples que realizem as mesmas funções pode ser uma solução, pois equipamentos simples, além de exigirem manutenção simplificada, são mais fáceis de converter para a Troca Rápida de Ferramentas. Estes equipamentos poderiam ser mais facilmente convertidos (pela própria empresa) para uma Troca Rápida de Ferramentas, devido à simplificação do processo de preparação.

Esta substituição deve ser muito bem analisada, em função do tipo de peças e quantidades fabricadas, e do tipo de máquina em questão. Por exemplo, considere-se um centro de usinagem com capacidade para realizar operações de tornear, de fresar e de furar, mas não simultaneamente. Ele fabrica um tipo de peça que deve ter a seguinte sequência de operações: tornear (operação que leva aproximadamente 30"), fresar (30") e furar (15").

Como o equipamento não consegue fazer as operações simultaneamente, deve ter um sistema que faça automaticamente a troca de ferramentas, ocorrendo 4 vezes para cada peça fabricada (por isto, dependendo da complexidade da peça, este tipo de

equipamento é mais indicado para baixa produtividade). Também ocorre que a máquina deve realizar o processamento de toda uma peça para só então liberar-se para fabricar a seguinte. Conseqüentemente, esta máquina produz uma peça a, aproximadamente (sem se considerar o tempo do *setup*), cada 75" (ver figura 4.2).

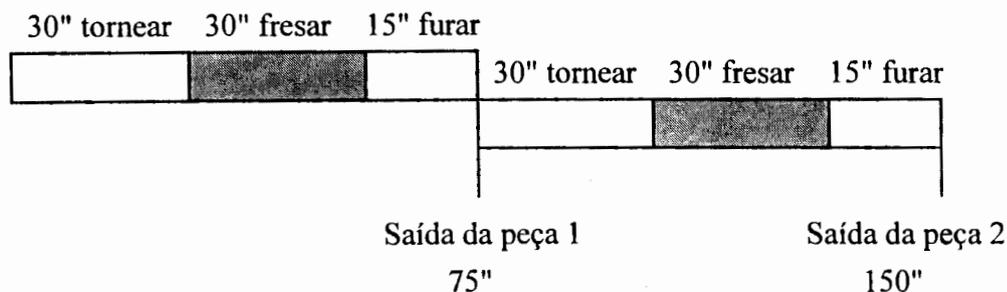


Figura 4.2 - Saída de peças do centro de usinagem.

Se, no entanto, se tiver um torno, uma fresa e uma furadeira independentes, terá-se uma peça saindo a, aproximadamente (sem consideração do tempo de transferência das peças de uma máquina para outra), cada 30", pois estas máquinas podem trabalhar simultaneamente (figura 4.3). Enquanto o torno faz sua operação, a fresa trabalha em outra peça, e a furadeira idem. Conseqüentemente, apenas a primeira peça do lote leva 75" para sair.

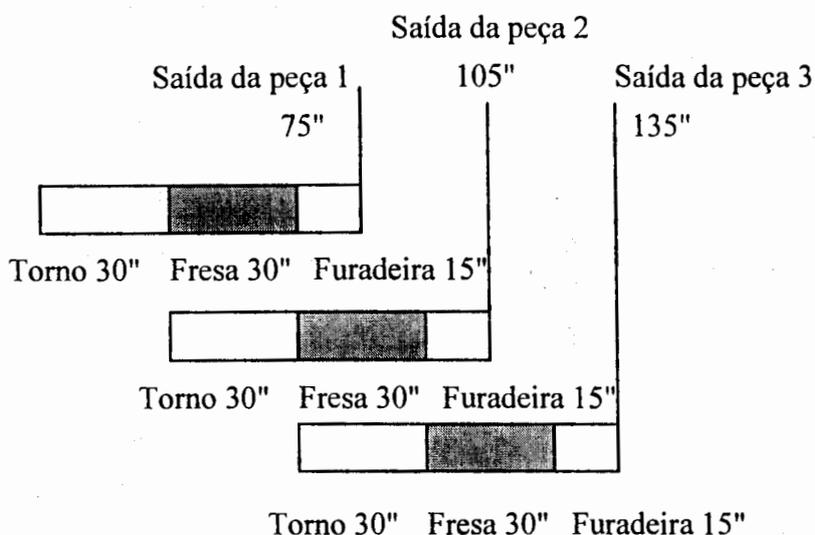


Figura 4.3 - Saída de peças do torno, da fresa e da furadeira, em sequência.

Além disto, não ocorre *setup* em cada peça, pois cada máquina é independente. Só haverá preparação quando houver a fabricação de outro tipo de peça (que também ocorre no centro de usinagem, geralmente exigindo a participação de pessoal especializado).

Percebe-se que a furadeira, por ter tempo de processo menor, terá capacidade maior do que as outras, podendo ser utilizada para realizar outra operação, desde que esta ocupe menos do que 15" e que se tenha um *setup* rápido e eficiente. Neste caso, onde se tem as máquinas sequenciadas e próximas umas das outras (tempo de transporte reduzido), percebe-se que a produção fica limitada à operação gargalo.

Neste exemplo específico, tem-se as vantagens apresentadas anteriormente, se houver a substituição do centro de usinagem pelas três máquinas mais simples, operando simultaneamente.

Na compra de equipamentos deve-se procurar um certo nível de padronização, adquirindo-os do mesmo fabricante dos equipamentos já existentes na empresa. A prática de padronização de equipamentos apresenta vantagens tais como:

- o processo de aprendizado do operário reduz-se consideravelmente e a manutenção torna-se mais simples, principalmente pelo fato do princípio de funcionamento das máquinas ser o mesmo. O mecânico ou operador só precisa conhecer os princípios básicos de uma destas máquinas para saber como funcionam as outras;
- reduz-se a necessidade de pessoal especializado em diversos equipamentos diferentes (manutenção e preparação);
- reduz-se a quantidade (variedade) de ferramentas, dispositivos e peças de reposição;
- no que diz respeito à Troca Rápida de Ferramentas, soluções e dispositivos criados para determinada máquina podem ser usados ou adaptados sem problemas às demais;
- a padronização de ferramentas e dispositivos torna-se mais simples, assim como a criação de padrões ou roteiros de procedimentos e sua implantação, já que os equipamentos são parecidos;
- têm-se potencial de barganha com o fornecedor de máquinas, pois a empresa acaba se tornando um cliente especial, que só adquire equipamentos deste fornecedor. Pode-se obter facilidades de pagamento ou de assistência e manutenção.

Até certo ponto, pode-se implementar a Troca Rápida de Ferramentas sem se preocupar com este tipo de padronização. O que ocorre é que a falta de padronização torna as atividades de preparação externa bastante complicadas, muitas vezes

exigindo a utilização de diversas listas de materiais e procedimentos, uma para cada conjunto de máquina/ferramenta/produto. Esta grande quantidade de listas e tabelas podem fazer com que sua utilização não seja levada a cabo na prática, já que em muitas indústrias os trabalhadores têm pouca formação teórica (Fleury, 1992) e/ou tem aversão à burocracia. A padronização de equipamentos simplifica e facilita o trabalho dos operadores.

b) projeto de produtos visando à Troca Rápida de Ferramentas

As condições de mercado exigem hoje grande variedade de produtos, cada vez mais personalizados e adequados às exigências e necessidades do consumidor. Ao procurar atender a essa grande variedade de produtos, o sistema produtivo de uma empresa tende a se complicar muito, pois aumentam em número e complexidade os componentes e processos a serem executados. O número de fornecedores e peças compradas cresce muito, faz-se necessária a aquisição de novas máquinas e a contratação de mais pessoal, a burocracia acaba tornando-se enorme etc. O sistema entra em colapso se não puder suportar esse incremento nos custos em geral.

No momento em que a variedade de produtos aumenta, se faz necessária a Troca Rápida de Ferramentas para viabilizar a rápida mudança da fabricação de um produto para outro.

Melhor do que reduzir o tempo de preparação é eliminar a necessidade de realizar preparações³. Pode-se abolir por si mesma a troca de ferramentas, usando o desenho do produto e mesmas peças para diferentes produtos (padronização de componentes) ou produzindo diferentes peças ao mesmo tempo em várias máquinas, em paralelo.

A padronização de componentes reduz a quantidade/variedade de ferramental existente, pois o número e diversidade de componentes diminui. Tem-se menos produtos a serem fabricados por máquina, reduzindo-se o número total de preparações necessárias. Fabrica-se maior quantidade de um menor número de componentes, o que reduz a complexidade e os custos globais do sistema (baseado em Stalk, 1988). Cada componente tem códigos e componentes de custo diferenciados, o mesmo ocorrendo com o ferramental que utiliza. Existe a necessidade de controle e manipulação de cada um destes itens, e a redução de sua variedade contribui muito para a simplificação do sistema.

³ Nunca deve-se considerar a opção de reduzir o número de preparações pela acumulação de pedidos iguais, pois isto gera estoques, como foi discutido anteriormente no Capítulo 2.

A grande tática para viabilizar grandes diversificações de produtos, ao lado da Troca Rápida de Ferramentas, é a padronização de componentes e produtos. Isto significa trabalhar com produtos modulares, projetados de tal forma que sejam totalmente diversificados, mas que utilizem componentes e processos idênticos. Fabrica-se uma gama limitada de componentes que adequadamente montados e combinados produzem produtos finais diferentes. Isto reduz a quantidade de processos e componentes envolvidos na fabricação de grande variedade de produtos.

No limite, com a padronização de produtos, ou seja, com a fabricação de componentes básicos padronizados que serão utilizados em diferentes produtos finais, o tempo de troca de ferramentas pode reduzir-se a zero, havendo a possibilidade de não se trocar ferramenta alguma. Haverá uma menor quantidade de ferramental e uma grande simplificação do sistema produtivo.

Podem ocorrer casos em que o conjunto do *mix* de produção esteja mal planejado e muitos esforços no sentido da Troca Rápida de Ferramentas podem ser reduzidos se houver um bom estudo de padronização.

Por outro lado, existe a possibilidade de eliminar o *setup* pela fabricação em paralelo. Quando se produz num maior número de máquinas, reduz-se a variedade de peças por máquina, reduzindo-se o número de preparações em cada uma delas. No entanto, percebe-se que esta é uma solução de custo bastante elevado, pois exige a aquisição de novos equipamentos.

O projeto de novos produtos também precisa levar em consideração as ferramentas e máquinas que os produzem, de tal forma que se possa ter ferramentas e equipamentos nos padrões adequados para a Troca Rápida de Ferramentas. Ou seja, deve haver uma preocupação com funções, formas e dimensões de tal forma que se tenha condições de utilizar os padrões já existentes para a Troca Rápida de Ferramentas, ou que propiciem condições para a utilização de novos padrões, também voltados para a Troca Rápida de Ferramentas.

c) procedimentos gerais de priorização ao ataque

A definição de equipamentos, ferramentas e produtos a serem alterados primeiramente na busca da Troca Rápida de Ferramentas é um dos pontos mais importantes para que se obtenha resultados eficientes em pouco tempo.

O eixo central desta política baseia-se no Gerenciamento das Restrições (GDR ou TOC - *Theory of Constraints*). Segundo esta teoria, existem máquinas gargalo que limitam a produção de toda a planta produtiva, e melhorias realizadas nestes equipamentos se refletem em todo o sistema. A identificação dos gargalos e a

aplicação da Troca Rápida de Ferramentas como forma de reduzi-los (Antunes & Rodrigues, 1993), consistem numa eficiente forma de tornar o sistema produtivo mais ágil e administrá-lo adequadamente.

A prioridade para alterações rumo à Troca Rápida de Ferramentas são, então, as máquinas gargalo. Com isto evita-se a possibilidade de desperdiçar esforços e investimentos em máquinas que não irão contribuir eficientemente para o ótimo global do sistema de produção. É importante ressaltar que os equipamentos e ferramentas que necessitam modificações físicas ficam parados por certo período de tempo, mas as melhorias feitas apresentam resultados a longo prazo durante toda a vida do equipamento, e mesmo em curto prazo, porque a frequência de trocas aumenta muito.

É importante ressaltar que, normalmente, boas reduções de tempos de *setup* podem ser obtidas apenas com mudanças organizacionais e comportamentais, que não exigem alterações físicas em máquinas e ferramentas. Isto faz com que os custos de desperdiçar esforços em equipamentos não gargalos não sejam tão altos, podendo-se, então, em épocas de baixa produção ou de alta ociosidade, até trabalhar indiscriminadamente no maior número de máquinas possível. Contudo, a abordagem da TOC sempre é válida. Para a escolha de prioridades existem diversos outros fatores que podem ser considerados, como:

- experiência (*know-how*) em alterações físicas para a Troca Rápida de Ferramentas. Quando se tem pessoal capacitado, experiente em realizar alterações físicas em equipamentos e ferramentas, não há uma maior preocupação com a complexidade dos objetos em estudo, nem dos processos de troca de ferramentas. Mas quando não se tem experiência, deve haver uma preocupação em iniciar os trabalhos com equipamentos mais simples, pois isto trará experiência básica para o desenvolvimento com máquinas mais complexas, já que muitas vezes trabalhos complexos compreendem os passos de trabalhos mais simples;
- importância do equipamento e das ferramentas para a empresa: geralmente equipamentos e ferramentas importantes são aqueles que processam a maior quantidade de produtos ou os que processam os produtos mais caros e rentáveis da empresa (segundo a TOC são os gargalos). Nestes casos uma Troca Rápida de Ferramentas e uma grande flexibilidade de troca entre produtos são altamente desejáveis. Isto talvez minimize a preocupação com a disponibilidade destes equipamentos ou ferramentais, já que os ganhos são proporcionalmente maiores;

- disponibilidade do equipamento e do ferramental: a realização de modificações em máquinas e ferramentas fica, muitas vezes, sujeita à disponibilidade destes. Sugere-se levar em consideração a ociosidade de máquinas em épocas de baixa produção, aproveitando-se estes períodos para a realização de alterações físicas também em ferramentas. A parada de máquinas e ferramentas exige uma análise mais detalhada da relação custo/benefício, o que depende basicamente da importância do equipamento para a empresa (deve-se procurar modificar estas máquinas e ferramentas fora do horário de trabalho, em feriados e fins de semana);
- projetos piloto: em casos onde a resistência à liberação de equipamentos for muito forte, pode-se partir para o desenvolvimento em máquinas piloto, a fim de convencer e provar que o que se propõe é factível e produz resultados. Entretanto, se possível, deve-se selecionar um processo que tenha impacto direto sobre clientes externos, com o qual a maioria dos gerentes esteja preocupada, que esteja numa área ou num setor onde se tenha a cooperação de gerentes, supervisores e operadores, e que seja visível na organização. Tudo isto para que os impactos dos resultados sejam percebidos também fora deste setor ou departamento.

d) definição de metas para planejamento

É importante que se coloquem algumas metas, objetivos e limitações ao projeto de implantação de Troca Rápida de Ferramentas, como:

- Implantação global, no maior número possível de equipamentos da empresa, seguindo-se as políticas de atuação existentes;
- Objetivos claros de redução de tempos: a definição de objetivos ambiciosos, como a redução de 80% do tempo de preparação em cada máquina, ou ainda, alcançar limites abaixo de 10 minutos em todas as máquinas da fábrica (SMED, Shingo (1985)), representam a determinação e a intenção de realmente fazer e alcançar o máximo possível;
- Prazos de execução: a definição de limites de tempo para a execução de melhorias facilita o controle do processo, permitindo uma melhor cobrança de resultados;
- Custos e recursos: é necessária a definição de limites financeiros, dentro dos quais deve ser desenvolvida a maioria das alterações e melhorias. Propostas de melhorias de custo superior ao estipulado necessitam de aprovação especial;

- Definição de um fundo financeiro especial para financiar investimentos e permitir a realização de testes de algumas idéias propostas para cada um dos equipamentos a ser trabalhado: isto permite controlar melhor estes investimentos, pois haverá condições de avaliar com maior precisão o custo para alteração de certo equipamento e a certeza de que estas alterações serão bem planejadas, pois os recursos são escassos e devem ser bem administrados. Também é uma forma de facilitar a realização prática da Troca Rápida de Ferramentas, pela eliminação de burocracias desnecessárias, e representa também o envolvimento e a confiança da alta administração no processo (complementação do passo 1).

e) construção padronizada de dispositivos, ferramentas e máquinas

A construção padronizada refere-se a dois processos distintos: 1) a fabricação padronizada de novos dispositivos, ferramentas e máquinas e 2) a padronização de dispositivos, ferramentas e equipamentos já existentes. Para os componentes (ou elementos) já existentes, deve haver uma política de priorização, como já foi discutido anteriormente. Para os novos projetos, devem ser idealizados padrões especiais, que levem em consideração a Troca Rápida de Ferramentas.

Uma política de construção padronizada para a Troca Rápida de Ferramentas deve direcionar os esforços para a padronização de função, e não de forma (baseado em Shingo, 1985).

Na padronização de funções padroniza-se somente aquelas partes cujas funções são necessárias sob ponto-de-vista de troca de ferramentas. Deve ocorrer uma análise das funções de cada elemento, e a troca de um mínimo de elementos quando da mudança de produto. Por exemplo, em um braço mecânico só deve-se alterar sua garra, de acordo com o produto. Não há sentido na troca de todo o braço. Todas as garras devem ser padronizadas para que sirvam no mesmo braço mecânico, isto é, elas devem ter padronizadas somente as partes de fixação ao braço. A padronização de formas não é recomendada pois ocorre desperdício de materiais devido ao tamanho por vezes desnecessário de ferramentas e matrizes, gerando com isto um aumento de custos.

A definição de quais partes padronizar, e em que dimensões, depende do equipamento e das características próprias dos produtos e ferramentas utilizados, provavelmente só podendo ser definidos quando houver conhecimento suficiente do processo, ou seja, quando se estiver realizando a análise de eliminação de ajustes e transferência de tarefas internas para externas.

Não deve-se nunca esquecer as características de segurança necessárias em projetos mecânicos, para não danificar equipamentos ou ferramentas e nem colocar em risco as pessoas que trabalham nos mesmos.

f) disponibilidade da ferramentaria e da manutenção

Um dos maiores problemas que a Troca Rápida de Ferramentas enfrenta no momento da realização de modificações técnicas, além da resistência à utilização de novos sistemas simplificados e desenvolvidos pela própria empresa, é a disponibilidade de pessoal e equipamentos que tenham capacidade de executar estas alterações. Normalmente, ferramenteiros, mecânicos, soldadores e seus equipamentos estão muito ocupados realizando reparos de máquinas e ferramentas e desenvolvendo novos dispositivos ou ferramentas.

Esta questão se resolve pela definição de políticas de atuação e de prioridade dos trabalhos, sendo muitas vezes importante a intervenção da gerência para confirmar a importância do processo de Troca Rápida de Ferramentas.

g) educação e treinamento

O objetivo principal desta política é estabelecer condições para a implantação global da Troca Rápida de Ferramentas e para o repasse desta metodologia de implantação. Ou seja, procura-se fazer com que haja uma divulgação do trabalho por toda a empresa e com que as pessoas mais envolvidas conheçam os objetivos do trabalho, entendam a metodologia e as técnicas existentes e saibam como utilizá-las, de forma que elas tenham condições de implementar o sistema por toda a fábrica. Neste ponto é importante que se observe a compatibilidade da metodologia com o nível educacional vigente em cada nível hierárquico da empresa.

Esta política abrange, basicamente, três níveis hierárquicos na empresa: a alta gerência, a média gerência e o pessoal de chão-de-fábrica. O repasse deve ser realizado através de seminários e cursos específicos de treinamento, com o uso de uma linguagem adequada a cada nível, mesmo porque cada nível tem interesse específico em determinadas características da Troca Rápida de Ferramentas e em certas fases da sistemática. É precisamente por isto que esta sistemática se divide em três níveis, um estratégico, um tático e um operacional.

Aspectos estratégicos e administrativos devem ser apresentados à alta gerência numa linguagem mais financeira e menos técnica, baseada em dados e fatos. Estes aspectos se encontram discutidos no Capítulo 2, e devem fazer parte também do primeiro passo desta sistemática (convencimento e conscientização da alta administração).

Os aspectos táticos dizem respeito à média gerência, que é a que tradicionalmente tem maior resistência à mudanças (Fleury, 1992). Eles devem ficar a par de todos os tópicos, desde os administrativos (Capítulo 2) até os operacionais (Capítulo 5), isto é, devem ficar sabendo porquê e como atingir uma Troca Rápida de Ferramentas, justamente para que percebam a potencialidade do processo.

Geralmente, quando se apresentam as técnicas normalmente utilizadas, surgem afirmações do tipo "não funciona, não pode ser feito, não se aplica ao nosso caso, nós somos diferentes etc.". Para combater estas afirmações e crenças, deve-se demonstrar casos práticos de sucesso existentes, através de vídeos e visitas a empresas. No caso de resistências muito acirradas, sugere-se que a alta gerência envolva-se enérgicamente no processo.

Aspectos operacionais são apresentados ao pessoal de chão-de-fábrica, que deve passar a compreender o método que será aplicado e ficar a par das técnicas normalmente utilizadas. Deve ficar claro que a proposição de novas técnicas e soluções para a Troca Rápida de Ferramentas sempre é possível, já que cada equipamento, processo e ferramental é diferente um do outro (cada caso é um caso).

Constata-se, entretanto, que a mão-de-obra direta das empresas brasileiras tem baixo nível educacional (Fleury, 1992), o que exige a formulação de apostilas simplificadas, com linguagem adequada, com muitos exemplos práticos, esquemas e figuras. Muitas pessoas têm dificuldades em entender gráficos e desenhos técnicos, sendo muito indicada a utilização de vídeo-tape e de protótipos em escala de sistemas de troca rápida (veja o primeiro caso prático do Capítulo 6), além da realização de visitas a diversas empresas onde os resultados da Troca Rápida de Ferramentas já estejam consolidados.

A gravação em vídeo tem um grande papel no treinamento e na motivação de pessoas, principalmente no caso da Troca Rápida de Ferramentas. Sempre procura-se gravar as situações atuais de funcionamento e de trabalho, a fim de analisá-las em conjunto com as equipes, observando-se pontos fortes e fracos do sistema. Após a implantação da Troca Rápida de Ferramentas realiza-se nova filmagem, de forma que se possa comparar o sistema antigo e o atual imediatamente. Estas gravações podem ser utilizadas no treinamento de novas equipes, sendo que este é facilitado se houver um exemplo da própria empresa.

A utilização de protótipos em escala permite que se demonstre na prática as situações antes e após a Troca Rápida de Ferramentas, além de auxiliar no entendimento do processo e das técnicas que podem ser aplicadas. Há uma comprovação concreta, *in loco*, de que o princípio funciona muito bem.

Em casos onde o nível de instrução é muito baixo, nem vale a pena tentar explicar técnicas de análise para auxílio no desenvolvimento de novas soluções para a troca de ferramentas. É mais eficiente passar a fase de análise para pessoas mais capacitadas, mas os trabalhadores não devem ser deixados de lado em hipótese alguma. São os operadores que sabem utilizar e conhecem bem as características dos equipamentos e dos processos a serem estudados e alterados. Eles podem ter várias contribuições a dar, embora possam não saber apresentá-las de um ponto-de-vista formal.

Nas primeiras fases da implantação pode ser interessante a participação de um consultor ou assessor externo especializado para a elaboração do material adequado e para a apresentação de todos os tópicos relevantes da Troca Rápida de Ferramentas. Ele seria o encarregado de providenciar o treinamento.

Cabe ainda colocar que um dos objetivos da disseminação da Troca Rápida de Ferramentas por toda empresa é permitir a multifuncionalidade dos operadores. Muitos operadores sequer participam do processo de preparação de máquinas, que é delegado totalmente ao especialista em *setup*. Neste ponto, torna-se muito importante a colaboração destes especialistas no treinamento dos operadores para a tarefa de *setup*. O processo de transferência de responsabilidades pode ser gradual, onde o operador inicia auxiliando na troca, envolvendo-se e conhecendo o processo de preparação, e termina por realizá-la independentemente.

h) formação das equipes de trabalho

Este tipo de equipe (*task-force*) é organizada para atacar especificamente uma determinada máquina e, depois de resolvido o problema, ela é desmontada. Para cada equipamento em específico define-se uma equipe de trabalho adequada.

Uma equipe de trabalho deve ter certa autonomia para desenvolver suas idéias, o que deve, em parte, ser proporcionado pela alta gerência através da liberação de um fundo financeiro especial e pela participação efetiva do líder da equipe, participante também da equipe estratégica (o que reforça mais ainda a primeira etapa desta sistemática, a de envolvimento da alta gerência). O objetivo desta autonomia é agilizar o processo de mudanças e evitar atrasos devido à burocracia e à problemas políticos dentro da empresa.

Neste sentido, sugere-se a comunicação formal à equipe, por parte da gerência, das limitações desta autonomia. Deve ficar claro o que pode e o que não pode ser realizado independentemente por esta equipe.

Estas equipes de trabalho devem ser formadas pelos operadores e pelo pessoal especializado na preparação das máquinas, pois são eles que conhecem bem os equipamentos e processos a serem estudados.

As alterações físicas em equipamentos e ferramentas são, geralmente, realizadas pela ferramentaria e pela manutenção, devendo este pessoal, obrigatoriamente, participar do processo. No caso de não haver condições de realizar as alterações físicas de equipamentos na própria empresa, sugere-se que os encarregados da empresa sub-contratada para realizar o serviço também participem do processo.

É importante a participação de um líder, facilitador para problemas políticos, burocráticos ou financeiros. Este membro deveria ser, preferencialmente, componente da equipe estratégica, como discutido anteriormente na etapa de formação desta equipe. Ele seria o representante da alta administração responsável pela participação efetiva no projeto de implantação da Troca Rápida de Ferramentas.

Sugere-se que engenheiros e projetistas participem como *staff* de apoio. Contudo, devem participar mais efetivamente quando ocorrerem casos onde se fizerem necessárias modificações técnicas em equipamentos, ferramentas e produtos, principalmente para garantir a segurança do sistema. Sua participação deve ser ampla, mas não autoritária.

Quando há pouca experiência do grupo em relação à Troca Rápida de Ferramentas, é interessante a presença de um guia, com experiência na condução deste tipo de processo de implantação. Ele deve dirigir os trabalhos e manter a equipe num rumo adequado, além de providenciar o treinamento necessário. Portanto, consultores e assessores externos também podem fazer parte do *staff* de apoio.

Cada empresa tem características distintas de recursos humanos, e a escolha dos componentes das equipes varia muito com as características de cultura e conhecimento de cada componente. Entretanto, o fator principal que determina a melhor composição da equipe é a motivação, o envolvimento, a relação com o processo de troca, a capacidade e a complementaridade de cada componente. Deve haver em cada um a determinação de atingir os objetivos propostos, através de um trabalho sério de análise e modificação do processo de troca de ferramentas.

Percebe-se que, em grande parte dos casos, alguns membros desta equipe serão fixos para todo o processo global de implantação, e outros serão variáveis. Ficam fixos, normalmente, o *staff* de apoio, o líder e o pessoal da manutenção e da ferramentaria. São variáveis os operadores de máquina e os especialistas em *setup*.

Como estas equipes de trabalho são momentâneas, também tem importância a definição de um ritmo de desenvolvimento do trabalho. Uma dedicação mais intensa deve ser dada à fase de análise do processo de *setup*, pois é deste que dependem as idéias e propostas de melhorias. A discussão de aspectos ligados à padronização também merecem maior dedicação.

Certamente, no que diz respeito à Troca Rápida de Ferramentas, a dedicação exclusiva é mais interessante, pois proporciona resultados mais imediatos, mas implica na retirada de pessoal de suas tarefas diárias. É bastante interessante a idéia de inclusão de reuniões diárias sobre o assunto, tornando a preocupação com a Troca Rápida de Ferramentas uma tarefa do cotidiano. Mas, geralmente, reuniões não têm a duração necessária para se tratar de certos aspectos da Troca Rápida de Ferramentas, e mais tempo deve ser-lhes dedicado.

Pode-se adequar o ritmo de trabalho com as condições de alta ou baixa produção da fábrica. Se houver baixa produção deve-se aproveitar a ociosidade dos operadores para trabalhos intensivos em busca da melhoria do sistema de preparação de máquinas. Se houver alta produção, uma das formas apresentadas anteriormente deve ser adotada. É importante, no entanto, que haja um trabalho continuado para a implantação da Troca Rápida de Ferramentas.

i) normas de segurança e risco

A preocupação com a segurança do pessoal, de equipamentos, de ferramentas e de materiais deve ser uma constante no projeto de Troca Rápida de Ferramentas. É aqui que se incluem as responsabilidades dos engenheiros e projetistas e do coordenador das equipes.

Existem basicamente duas fases onde a segurança se torna crítica: uma em regime transitório (testes) e uma em regime permanente.

Quando se implementa um novo procedimento, um novo sistema ou alguma modificação física no processo, existe uma fase transitória, de testes, que procura verificar a segurança do que foi implementado.

Uma vez aprovada a fase de testes, deve haver um controle rigoroso em regime permanente, onde devem ser realizadas inspeções periódicas, até que se tenha total segurança no processo. No início, devem haver revisões em curtos intervalos de tempo, sendo estes intervalos cada vez mais longos à medida em que o sistema fica mais tempo em funcionamento e se demonstra mais seguro.

É importante que se observe a vida útil de novos dispositivos e ferramentais desenvolvidos. Com a utilização mais freqüente pode haver a necessidade de substituição periódica destes elementos⁴.

j) normas de documentação

É muito importante que se tenha todo o processo de implantação bem documentado. Sugere-se a elaboração sistemática de atas das reuniões contendo, além dos assuntos discutidos, as idéias propostas, seus prazos de implantação e as responsabilidades atribuídas a cada pessoa. Deve haver, também, um controle financeiro durante o processo de implantação.

Uma das técnicas utilizadas para análise do processo é a filmagem em vídeo (veja o Capítulo 5). É importante que se tenha arquivadas as filmagens dos processos anteriores e posteriores à Troca Rápida de Ferramentas. A memória mantida em vídeos é ponto mais importante do processo de documentação, pois estes deverão servir para o treinamento posterior de outros grupos e equipes.

Provavelmente, as empresas que venham a implantar a Troca Rápida de Ferramentas já tenham normas estabelecidas para a documentação de reuniões, mas vale à pena ressaltar a importância de se ter atas atualizadas, com todos os tópicos discutidos e todas as responsabilidades que foram atribuídas a cada componente da equipe. Isto permite avaliar o andamento do processo e serve como mecanismo efetivo no sentido do cumprimento de prazos através do comprometimento do membro perante os outros da equipe.

4.2.3. O Nível Operacional

Neste nível, procura-se estabelecer uma metodologia de trabalho, que direcione os esforços para que se atinja de forma eficiente e segura a Troca Rápida de Ferramentas. Esta metodologia deve ser aplicada para cada equipamento que se procurar melhorar. As prioridades de ataque já seriam determinadas anteriormente, nas políticas definidas no passo 4. Este nível operacional consiste dos seguintes passos:

Passo 5. Definição do equipamento/processo a ser estudado;

Passo 6. Escolha e treinamento das equipes de trabalho;

Passo 7. Separar preparação interna e externa;

⁴ Nesta fase percebe-se uma ligação entre a Troca Rápida de Ferramentas e o TPM

Passo 8. Simplificar interno e externo;

Passo 9. Transferência de passos internos para externos.

Passo 5. Definição do equipamento/processo a ser estudado

Este passo deve seguir a política de priorização ao ataque definida no passo 4.c desta sistemática. É importante que se trabalhe dentro desta política, para que os esforços empreendidos não sejam mal direcionados. Tanto neste passo 5 quanto no passo 4.c é importante fazer uso das técnicas apresentadas no Capítulo 5 para melhor definir o equipamento/processo a ser estudado.

Passo 6. Escolha e treinamento das equipes de trabalho

As equipes de trabalho são diferentes para cada equipamento, já que estes são diferentes uns dos outros e os seus operadores não são os mesmos, tendo especialidades diferentes. A política de formação da equipe de trabalho já discutida anteriormente (passo 4.h) ajuda a direcionar a escolha dos componentes, mas não se pode dizer que esta formação seja rígida e que se deva seguir à risca esta política.

Uma política de treinamento como a proposta anteriormente (passo 4.g) permite apresentar o assunto, envolver e conscientizar as pessoas da importância e dos objetivos da Troca Rápida de Ferramentas. Visa estimular o senso crítico e tornar o pessoal conhecedor de uma metodologia de análise e implantação da Troca Rápida de Ferramentas.

Cabe salientar, no entanto, que o nível educacional do pessoal de chão-de-fábrica é, em geral, baixo (Fleury, 1992), o que coloca em dúvida a capacidade de aprendizado de processos de análise do *setup* e de melhorias viáveis, mesmo com esforços concentrados na simplificação da linguagem e de confecção de materiais mais didáticos. Contudo, pela grande experiência prática, eles têm noções do que pode ser melhorado, embora possam não saber expressar suas idéias de forma adequada. Não podem, portanto, ser deixados à margem do processo, mesmo porque, se houver resistências de sua parte, o processo de implantação pode ser dificultado, já que eles é que trabalharão segundo os novos moldes estabelecidos.

A fim de não criar aversão à novas sistemáticas de trabalho, deve-se fazer com que o pessoal de chão-de-fábrica participe do processo. O ideal seria capacitá-los ou, no mínimo, induzi-los a chegarem nas soluções adequadas, criando-lhes um sentimento de posse sobre estas novas soluções e idéias. A etapa de treinamento tem algumas técnicas específicas que se apresentam no capítulo 5.

Passo 7. Separar preparação interna de externa⁵

Deve haver uma separação nítida entre atividades de troca de ferramentas internas e externas. Atividades internas só podem ser realizadas com a máquina parada, e as externas devem ser realizadas sempre com a máquina produzindo. Normalmente, as mudanças aqui propostas são de cunho comportamental e organizacional, não havendo necessidade de alterações técnicas profundas. Este passo consiste de três fases específicas: levantamento de dados, análise e execução prática desta separação.

a) Levantamento de dados: esta fase visa proporcionar o conhecimento detalhado do processo e criar condições para uma boa análise do processo de *setup*.

b) Análise: a fase de análise visa a separação do *setup* interno e do externo.

c) Execução: a fase de execução procura garantir que sejam realizadas as preparações internas e externas conforme o planejado.

Passo 8. Simplificar interno e externo

Aqui procura-se simplificar ao máximo todos os aspectos das operações de preparação, tanto internas quanto externas, visando a redução de tempos em ambos os casos. Neste contexto, o principal ponto a ser atacado para a simplificação interna é a eliminação dos ajustes, o que exige um estudo mais detalhado de certas etapas do processo de troca de ferramentas.

Passo 9. Transferir interno para externo

Nesta fase, converte-se as etapas de preparação interna em externa, reexaminando-se se não restou algum procedimento externo que é realizado como interno, e buscando-se soluções tecnológicas para converter estas etapas. Faz-se necessária uma análise mais profunda das funções que certas peças e dispositivos realizam e dos esforços que sofrem, com o objetivo de simplificação ou eliminação de elementos.

Ao final do processo, se não hover a redução suficiente ou desejada do tempo de *setup*, deve-se reavaliar e reexecutar os passos executados no nível operacional. Pode haver a necessidade de reavaliar também algumas políticas do nível tático.

⁵ Deve-se notar que as etapas 7, 8 e 9 podem ser realizadas simultaneamente, sem necessidade de real divisão. É importante a noção de cada um destes passos, mas, se possível, sugere-se sua execução simultânea, principalmente porque as melhorias realizadas numa etapa podem ser complementadas ou melhoradas por outras de outra etapa.

CAPÍTULO 5

TÉCNICAS DE OPERACIONALIZAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

5.1. Introdução

As técnicas de operacionalização da Troca Rápida de Ferramentas destinam-se a tornar realidade os diversos passos metodológicos apresentados anteriormente.

Neste capítulo, apresenta-se uma descrição¹ das técnicas de operacionalização mais comumente indicadas e utilizadas pelos autores em suas metodologias, incluindo ainda, além de algumas outras técnicas como tecnologia de grupo e planejamento de experimentos, as técnicas propostas por Nakajima (1989) e Antunes & Rodrigues (1993), que se baseiam na metodologia de Shingo (1985). Cada técnica é introduzida e englobada nos passos mais adequados à sua aplicação, de acordo com a sistemática geral proposta no Capítulo 4.

Posteriormente, as técnicas de operacionalização que cada autor indica são apresentadas em uma tabela. Já que muitas destas técnicas são propostas por mais de um autor, uma apresentação neste formato facilita uma comparação entre as tendências de cada um, além de simplificar a apresentação das próprias técnicas.

É importante ressaltar que nem todas as técnicas de operacionalização se adequam a todos os processos existentes, e que pode haver a necessidade de se desenvolver outras técnicas específicas para cada caso.

¹ Diversas técnicas e sistemas são mais fáceis de entender com o auxílio de desenhos esquemáticos e exemplos práticos. Vários destes podem ser encontrados nas bibliografias especializadas de cada autor.

Finalmente, cabe salientar que estas técnicas dizem respeito às etapas posteriores à etapa 5 (definição do equipamento/processo a ser estudado) da sistemática geral apresentada, não englobando as etapas estratégicas e táticas. Em outras palavras, elas dizem respeito à otimização do processo de preparação em cada equipamento em específico. As técnicas utilizadas nas etapas estratégicas e táticas estão descritas no corpo deste trabalho, não sendo sua apresentação a preocupação deste capítulo.

5.2. As técnicas de operacionalização segundo a sistemática geral proposta

Uma análise das técnicas de operacionalização para a Troca Rápida de Ferramentas mostra que elas podem ser divididas em dois grupos distintos: as técnicas comportamentais e organizacionais e as técnicas de cunho tecnológico.

Técnicas comportamentais e organizacionais exigem mudanças de comportamento, ou seja, a criação de hábitos de análise e modificação dos processos de execução de trocas de ferramentas, assim como hábitos de organização do local de trabalho e do chão-de-fábrica (*layout*, armazenagem e padronização²).

Técnicas de cunho tecnológico exigem mudanças físicas em dispositivos, ferramentas, produtos e equipamentos, o que significa um maior investimento de capital.

As técnicas normalmente utilizadas por diferentes autores em seus trabalhos estão descritas a seguir, de acordo com os passos da sistemática geral de implantação da Troca Rápida de Ferramentas proposta no capítulo anterior, e de acordo com a separação entre técnicas comportamentais/organizacionais e tecnológicas proposta nesta dissertação. Os passos são os seguintes:

Passo 5 - Definição do equipamento/processo a ser estudado;

Passo 6 - Escolha e treinamento da equipe de trabalho;

Passo 7 - Separar preparação interna de externa;

- a) Levantamento de dados;
- b) Análise;
- c) Execução;

² A padronização é, em essência, um conceito organizacional, embora seus resultados possam também gerar modificações físicas de partes de ferramentas, dispositivos, máquinas e produtos.

Passo 8 - Simplificar interno e externo;

- a) Simplificação interna;
- b) Simplificação externa;

Passo 9 - Transferir interno para externo.

Passo 5. Definição do equipamento/processo a ser estudado

- **Técnicas Comportamentais e Organizacionais:**

A Teoria das Restrições (Goldratt, 1992) é a ferramenta mais eficiente na identificação do equipamento prioritário (gargalo). Antunes & Rodrigues (1993) discutem amplamente a utilização da Teoria das Restrições (OPT/TOC) para a implantação da Troca Rápida de Ferramentas.

Muitas vezes, sabe-se pela prática qual o equipamento que deve ser atacado prioritariamente, mas a utilização de uma técnica como Teoria das Restrições, que avalia todas as condições de carregamento do sistema produtivo, garantem que se selecione sempre o equipamento mais adequado àquele *mix* praticado.

Passo 6. Escolha e treinamento das equipes de trabalho

- **Técnicas Comportamentais e Organizacionais:**

A escolha dos componentes da equipe de trabalho deve seguir a política de definição de equipes discutida no passo 4, onde se ressalta a importância da participação dos operadores, dos especialistas em *setup* e do pessoal da ferramentaria e manutenção, cujo apoio e cooperação são fundamentais (principalmente para o cumprimento das técnicas organizacionais).

Para a etapa de treinamento das equipes, o que se apresentam são técnicas específicas de treinamento na fase de análise do processo de preparação.

Uma das técnicas que será utilizada para treinamento e para a coleta de material de análise do processo é a filmagem em vídeo, pois informações visuais são mais compreensíveis e há a possibilidade de rever cada parte do processo quando desejado. Hay (1992) apresenta dicas de como realizar filmagens de forma que se tenha um bom material para análise, e propõe que se analise o vídeo observando-se quatro tipos de atividades: interna-externa, ajustes, fixação e problemas que impeçam a fluência de acontecimentos, conforme se pode verificar em sua metodologia de implantação (Capítulo 3).

A técnica de filmagem de preparações deve ser objeto de discussão e treinamento anteriores à filmagem em si, a fim de possibilitar a obtenção de material adequado à uma boa análise. Alguns pontos importantes a este trabalho são:

- realizar algumas tomadas antecipadamente, para que as pessoas a serem filmadas se acostumem e passem a agir naturalmente, além de treinar o *camera-man* com o equipamento e habituá-lo ao esquema usual de trabalho do pessoal encarregado do *setup*;
- não comunicar, antes do necessário, qual preparação será filmada;
- mostrar tudo o que acontece desde a saída da última peça boa do lote anterior até a saída da primeira peça boa (com qualidade dentro dos padrões e constante para entrada em produção) do lote que está para ser produzido;
- filmar dois tipos de movimentos: os macro-movimentos dos operadores, isto é, sua movimentação junto à máquina, e os micro-movimentos, ou seja, os pequenos movimentos e detalhes significativos do processo de *setup*;
- diversas filmadoras têm a opção de incluir um relógio no vídeo, permitindo o acompanhamento da cronometragem durante a filmagem. Se possível, deve-se utilizar este recurso, pois isto facilita a análise de tempos de cada atividade do *setup*.
- filmar em momentos distintos, para cada tipo de preparação (peças diferentes podem ter processos de preparação diferentes) e em seqüência, na mesma fita;
- preparar o material para filmagem (fitas e baterias) antecipadamente, principalmente em casos de processos de *setup* demorado;
- após a implementação das melhorias de redução de tempos de preparação, filmar, na mesma fita do processo anterior e na sua seqüência, o novo processo. Isto será utilizado para o treinamento de novas equipes.

O treinamento da equipe deve fazer uso de vídeo, onde se demonstram casos práticos de sucesso de implantação (da própria empresa, se possível), e as técnicas utilizadas em cada um deles. Pode-se, ainda, realizar visitas a empresas que tenham trabalhos de sucesso com a Troca Rápida de Ferramentas.

Apostilas simplificadas, com uma linguagem adequada ao nível educacional existente, são indispensáveis.

Pode-se fazer uso, ainda, de protótipos desenvolvidos especialmente para a demonstração do funcionamento de certos sistemas que permitem uma troca rápida. Isto auxilia muito a pessoas que tenham dificuldades em entender desenhos técnicos e em realizar um raciocínio mais abstrato.

Nakajima (1989) propõe duas séries de questões, ou *check-list*, que devem ser utilizadas quando for realizada a análise do processo. É interessante que estas questões já estejam em mente no momento em que se faz o levantamento de dados, pois aí já se estimula o espírito crítico antecipadamente à análise.

Uma primeira série de questões que levam a uma redução de tempos é proposta para uma análise geral do processo de preparação ou troca:

- Que preparações devem ser feitas antecipadamente?
- Que ferramentas devem estar à mão?
- Ferramentas e dispositivos estão em boas condições?
- Que tipo de área de trabalho é necessária?
- Onde placas e matrizes devem ser colocadas após a troca?
- Como estes materiais serão transportados?
- Que tipos e quantas peças ou dispositivos são necessários?

Uma segunda série de questões, mais elaboradas e com uma seqüência metodológica, é definida para o questionamento de cada passo das operações de troca de ferramentas:

1. Quanto à efetividade das funções da operação:

- Esta tarefa é necessária? Pode ser eliminada?
- Ela é repetida muitas vezes?

2. Quanto à efetividade do procedimento de trabalho (como as tarefas são executadas):

- Quais são os pontos principais do procedimento?
- Os procedimentos atuais são apropriados?
- Os procedimentos são estáveis? (repetitividade)
- Qual o grau de dificuldade dos procedimentos?

- Como podem ser melhorados?
- Podem ser padronizados?

3. Quanto à evolução do procedimento de trabalho:

- O procedimento atual é otimizado?
- A ordem de realização das tarefas deve ser modificada?
- Pode-se combinar algumas tarefas?
- Alguma função pode ser realizada simultaneamente?

4. Quanto à distribuição das tarefas:

- A distribuição de tarefas é otimizada?
- O número de pessoas é adequado?

Passo 7. Separar preparação interna de externa

a) Levantamento de dados

- **Técnicas Comportamentais e Organizacionais:**

- **Cronoanálise:** consiste na cronometragem de todos os movimentos dos operadores, o que permite uma análise mais detalhada do processo de preparação. É uma boa abordagem, mas exige grande experiência e leva bastante tempo para execução. Uma opção interessante é a implantação de uma ficha de controle de tempos de preparação, que fornecerá dados sobre o andamento do trabalho e permitirá sua observação e controle. Esta ficha pode conter também os índices de refugos proporcionados a cada preparação (gerados nas etapas de ajustes por tentativa e erro);
- **Estudos de preparações via amostragem:** são tanto mais precisos quanto maior for o número de repetições do processo;
- **Entrevistas com os operadores** são importantes, pois eles podem apresentar as razões pelas quais trabalham desta ou daquela forma, além de explicarem todo o processo;
- **Gravação em vídeo:** é provavelmente a melhor abordagem, pois se terá os procedimentos e tempos dos processos antigos e novos documentados de forma que sua comparação seja facilmente realizada. É interessante que os operadores vejam sua atuação imediatamente após a troca de ferramentas, e participem da análise do seu trabalho. Eles

podem dar as razões pelas quais trabalham de uma ou de outra forma, e pode-se comparar os procedimentos dos diferentes operadores;

b) Análise

- **Técnicas Comportamentais e Organizacionais:**

- Gráficos de Pareto: permitem o direcionamento de esforços às atividades mais representativas do processo de *setup*. Entretanto, a identificação das atividades mais simples, mais fáceis de serem alteradas também é importante, pois pode-se iniciar por aquelas melhorias que tenham implantação imediata;
- Lista com todos os problemas do processo atual de preparação, o que permitirá a identificação de causas e a proposição de soluções a cada um deles;

Outras técnicas de análise já foram apresentadas na fase de treinamento da equipe de trabalho (como as questões de Nakajima), e consistem basicamente na análise do processo buscando identificar operações internas, externas e de ajustes e regulagens.

c) Execução

- **Técnicas Comportamentais e Organizacionais:**

- Lista de ferramentas ou *check-list*: para garantir que todo ferramental esteja disponível antecipadamente, deve-se relacionar todas as ferramentas, materiais, instrumentos e dispositivos necessários para realizar a troca;
- Kit de ferramentas ou *check-table*: o kit de ferramentas serve para garantir que ferramentas ou dispositivos não adequados sejam utilizados, promovendo uma organização maior. Para garantir que todas peças e ferramentas estejam presentes, usa-se uma *check-table*, que tem espaços definidos para cada uma delas. Se alguma ferramenta, dispositivo ou instrumento estiver faltando, será facilmente identificado visualmente;
- Verificar se não há algum dispositivo ou ferramenta estragada ou com mau funcionamento. Se houver algum estrago, este deve ser consertado antes de se entrar na fase de troca interna. No caso de ferramentas, normalmente elas estragam ou gastam devido ao uso

contínuo na máquina, sendo que devem ser reparadas imediatamente após saírem da máquina, como operação externa;

- Padrão de procedimentos: um roteiro de como realizar as preparações, que distribua tarefas adequadamente, é uma das técnicas mais importantes para se atingir a Troca Rápida de Ferramentas. Os padrões visam a uniformização do processo, de tal forma que ele seja realizado sempre da forma mais adequada. Nestes padrões se apresentam as operações necessárias para realizar a troca, a sua seqüência de realização e a possibilidade de simultaneidade de operações, além da distribuição de tarefas;
- Padrão técnico: incluindo nomes e especificações técnicas como pressão, temperatura etc. Este padrão também visa a uniformização do processo de preparação de máquinas, garantindo uma melhor qualidade de produto e processo;
- Organizar a área de trabalho, para que nada dificulte ou prejudique a troca;
- Utilizar uma pessoa especificamente para realizar as preparações externas, de tal forma que os operadores possam somente parar a máquina para realizar a preparação interna. Existe uma pessoa dedicada a um grande número de máquinas, que é encarregada de realizar todas as preparações externas sempre que ocorrer o *setup* de alguma destas máquinas, além de manter estes postos adequadamente abastecidos com material para processamento.

Passo 8. Simplificar interno e externo

a) Simplificação Interna

- **Técnicas Comportamentais e Organizacionais:**
 - Utilizar operadores em paralelo: geralmente as máquinas têm ajustes e fixações em todos os lados, exigindo que se trabalhe em diversos pontos ao seu redor para realizar uma preparação. Neste caso, a utilização de operadores em paralelo faz com que se reduza tempo devido à menor movimentação. Se algum operador de uma máquina vizinha estiver disponível, ele deve ajudar na troca de ferramentas, evitando-se deslocamentos desnecessários e perda de tempo. O que deve ser observado atentamente é a segurança dos operadores. Pode-

se usar um sinal luminoso para que se sinalize quando alguém está trabalhando em algum ponto perigoso, de tal forma que o outro não acione nenhum comando da máquina;

- Otimizar o número de operadores: deve-se procurar trabalhar com o mínimo de pessoas possível, mas sem prejudicar o *setup*. O ideal é converter a máquina de tal forma que seja possível realizar a troca com apenas uma pessoa;
- Dividir o trabalho adequadamente: esta divisão do trabalho se faz necessária para que não haja desorganização durante o processo de preparação, já que, provavelmente, haverá mais de uma pessoa trabalhando. Pode-se incluir aqui uma lógica "Doutor-Enfermeiro"³, na qual o doutor é o operador da máquina⁴ e realiza as etapas mais adequadas à sua capacidade, e onde o enfermeiro é um ajudante, que realiza tarefas mais simples e auxilia na preparação de materiais e do próprio *setup*. Para a divisão do trabalho, os seguintes pontos devem ser observados, segundo Nakajima (1989):
 - Qual o número ótimo de trabalhadores para cada tarefa?
 - Como o trabalho deve ser distribuído?
 - Quais são as fases críticas? Podem ser reduzidas?
 - Como a força de trabalho pode ser usada mais efetivamente?
- Aumentar a habilidade dos operadores através da prática dos procedimentos;
- Organizar e posicionar peças, instrumentos e materiais na seqüência de utilização e de produção, o que evita sua procura e seleção;
- Definir um conjunto de peças por máquina: ao limitar-se um certo tipo de peças para determinada máquina, reduz-se a variedade de preparações necessárias, pois o conjunto de peças é selecionado por tipo de *setup* necessário. A definição deste conjunto também elimina a

³ Utilizou-se a metáfora "doutor-enfermeiro" no intuito de tornar didática a compreensão de elementos essenciais da parte organizacional da metodologia, como a preparação anterior ao processo de troca. Do ponto-de-vista mais estrito da engenharia industrial, poder-se-ia, por exemplo, adotar a nomenclatura "mestre-ajudante".

⁴ Muitas vezes o preparador da máquina não é o seu operador. Pode-se utilizar esta lógica para o treinamento do operador no *setup*, uma vez que ele iniciaria como auxiliar (enfermeiro) do preparador e depois passaria, gradualmente, a ser o preparador principal (doutor). Busca-se, assim, a multifuncionalidade do funcionário. É muito importante o papel de "professor" do preparador, que deve repassar seu conhecimento para os demais operadores envolvidos.

variabilidade em ajustes, que existe quando se coloca uma mesma peça em máquinas diferentes. Pode-se fazer uso da Tecnologia de Grupo para realizar uma separação por famílias, que se caracterizam por conterem peças semelhantes no que diz respeito à troca de ferramentas (formato) e ao processo de fabricação;

- Padrão de realização de ajustes: este padrão visa tornar o processo de ajuste mais uniforme, e também visa disseminar entre os operadores a melhor forma (sequência) de realizar ajustes;
- Analisar os ajustes: para eliminar ajustes, deve-se analisar seus propósitos, causas, métodos utilizados e sua efetividade. Somente ajustes indispensáveis e inevitáveis devem permanecer (de preferência na etapa externa);
 - Propósitos: os propósitos dos ajustes podem ser posicionamento, centragem, calibração, temporização (ajuste de tempos em equipamentos), ajuste de pressões, de molas etc.;
 - Causas de ajustes: falta de precisão do equipamento e de ferramentas, falta de rigidez no equipamento ou suportes, falta de padrões, falta de sistemas de medição, métodos de trabalho impróprios e ajustes inevitáveis (certos equipamentos exigem intervenção, a não ser que sejam redesenhados e modificados);
 - Análise da efetividade das operações de ajuste através do seguinte questionamento:

Propósito - Qual função é aparentemente beneficiada com ajuste?

Razão - Porque o ajuste é necessário no momento?

Método - Como o ajuste é feito?

Causas - Que condições criam a necessidade de ajuste?

Alternativas - Que melhorias eliminariam a necessidade de ajuste?

- **Técnicas de Cunho Tecnológico:**

Existem técnicas bastante recomendadas de simplificação de operações internas, dentre as quais as mais eficientes são as que eliminam ajustes e as que buscam a padronização. Grande parte

destas técnicas exigem a realização de uma forte análise das funções de certas partes de máquinas e de ferramentas, para que elas possam ser alteradas e simplificadas. Uma análise dos esforços envolvidos também é de grande valia, pois muitas vezes tem-se sistemas superdimensionados, que acabam por prejudicar o *setup*.

a.1. Eliminação de ajustes:

- Sistemas de ajustes múltiplos em um único movimento: sistemas que permitam o *setup* sem troca de dispositivos, mas apenas com setagem por rotação ou translação do dispositivo para o novo produto. Ou seja, quando novo produto vai ser fabricado, desloca-se a ferramenta antiga posicionando-se automaticamente a nova;
- Fixar valores constantes para os ajustes: deve-se limitar a possibilidade de ajustes desnecessários nas máquinas, pois a maioria das máquinas tem uma infinidade de ajustes, mas poucas posições são necessárias, e estas devem ser padronizadas. Muitas máquinas têm ajustes que não são utilizados ou que não são necessários, mas nos quais se mexe simplesmente por não saber-se que são desnecessários.
- Uma análise baseada em Planejamento de Experimentos pode ser realizada para identificar ajustes desnecessários e aqueles mais representativos. Planejamento de experimentos é uma metodologia estatística onde variáveis que afetam o desempenho de um processo são sistematicamente alteradas e analisadas quanto à uma ou mais variáveis de resposta;
- Fixação de calibres ou escalas numéricas (visuais e eletrônicos) nas máquinas, tornando mais rápida a atividade de posicionamento;
- Posicionamento correto por meio de calibres, pinos e batentes;
- Dependendo do caso, é recomendável que linhas de centro e planos de referência fiquem visíveis ou invisíveis, facilitando posicionamentos;
- Desenvolver sistemas de auto-ajustagem, eliminando intervenção humana.

a.2. Padronização:

- Padronização de parafusos e outros dispositivos, visando a redução ou eliminação de instrumentos necessários;

- Realizar o *setup* somente das partes necessárias: muitas vezes, através de uma análise de função dos dispositivos, percebe-se que seria muito mais simples trocar somente a parte necessária para adaptação ao novo produto. Por exemplo, em um braço mecânico, ao invés de trocar-se todo o braço, pode-se trocar somente a garra, que é realmente a parte de interesse em termos de *setup*.
- Padronização de funções: padroniza-se somente aquelas partes cujas funções são necessárias sob o ponto-de-vista de troca de ferramentas. Deve-se analisar as funções de cada elemento, e procurar alterar o mínimo de elementos quando na mudança de produto. Por exemplo, em um braço mecânico, só deve ser alterada a garra, de acordo com o produto, sendo que todas as garras devem ser padronizadas para que sirvam no mesmo braço mecânico. A padronização de formas não é recomendada, pois ocorre desperdício de materiais, devido ao tamanho por vezes desnecessário de ferramentas e matrizes, e com isto, aumento de custos. Mas esta afirmação não pode ser aplicada indiscriminadamente às partes funcionais necessárias ao *setup*, pois muitas vezes o retorno é grande. Por exemplo, a largura da base de fixação de moldes pode ser padronizada com bases iguais, de tal forma que não se precise regular a fixação da máquina;

Quanto à padronização de dispositivos, ferramentas e instrumentos, Harmon & Peterson (1991) propõem que se faça uma análise seletiva de ferramentas mais utilizadas e que fabricam produtos de maior valor, a fim de padronizá-las. Após a padronização deste conjunto de ferramentas e da(s) máquina(s) destinada(s) a utilizá-las, parte-se para a padronização do conjunto seguinte, que fabrica outras peças de valor menor.

A separação em famílias para padronizá-las uma a uma pode ser realizada pela utilização da Tecnologia de Grupo.

a.3. Outros:

- Prendedores e travas funcionais: prendedores de "uma volta" (furos em forma de pêra, arruelas em U, encaixes em U, etc.), que exijam pouco tempo para fixar e soltar, apesar de necessitarem de instrumentos;
- Prendedores de um movimento (comes, molas, pinos, cunhas, etc.), que permitam rápida fixação sem a utilização de instrumentos;

- Desenvolver ferramentas rápidas, em T ou L: são instrumentos que ficam fixos na máquina, enquanto ela trabalha. Geralmente, constituem-se de hastes metálicas soldadas nas posições necessárias (onde os esforços permitirem), substituindo instrumentos que seriam necessários. Com isto, reduz-se o tempo de acesso a instrumentos e chaves para zero, além de eliminar-se sua necessidade de armazenagem;
- Sistemas de encaixe⁵: para isto é necessária uma análise de magnitudes e direções das forças envolvidas, a fim de não prejudicar a segurança do processo;
- Mecanização: usar sistemas mecanizados (pressão de óleo ou ar, elementos elétricos etc.) para troca e fixação de ferramentas. Somente utilizar este recurso após a aplicação de todos os outros já mencionados, pois se obtém maiores resultados e menor ineficiência ao mecanizar um processo já "enxugado", já melhorado. Esta é uma opção de alto custo, que deve ser utilizada somente em último caso;
- Reduzir o tamanho excessivo e o número de parafusos existentes: parafusos muito compridos exigem voltas desnecessárias das porcas, sendo prejudiciais ao *setup* principalmente quando não se consegue dar uma volta completa com a chave de boca ou *Allen* por falta de espaço. Parafusos em excesso aumentam o tempo de *setup*.

b) Simplificação Externa

- **Técnicas Comportamentais e Organizacionais:**
 - Armazenagem focalizada: obtém-se melhorias em armazenagem e transporte de ferramentas, dispositivos e materiais, armazenando-os junto a cada máquina (definição de conjunto máquina/peças);
 - Organizar almoxarifados: identificar as ferramentas, dispositivos e instrumentos, para fácil localização. Separá-los entre muito usados, pouco usados e obsoletos. Armazenar os muito usados de forma que fiquem mais acessíveis;

⁵ Estes sistemas foram idealizados por Shingo (1985), e são chamados de método *bolt-less* (sem parafusos). Shingo apresenta este método em seu livro, exemplificando sua utilização em matrizes e máquinas de injeção de plástico. É um sistema prático e rápido de fixação e de posicionamento, e tem como cerne a análise de esforços envolvidos nos processos.

- Utilizar codificação por cores, principalmente em sistemas elétricos;
- Programar a utilização de equipamentos pesados, de tal forma que estes estejam disponíveis no momento da troca.
- **Técnicas de Cunho Tecnológico:**
 - Substituir equipamentos pesados por carrinhos e mesas com roletes, sempre que possível.

Passo 9. Transferir interno para externo

- **Técnicas de Cunho Tecnológico:**
 - Ferramentas de fixação suplementar (sobreplacas): são dispositivos padronizados nos quais se faz a fixação, posicionamento e ajustagem de ferramentas na etapa externa, sendo que na interna se tem dispositivos padronizados de fixação rápida que facilitam a colocação e retirada destas sobreplacas.
 - Preparar condições operacionais antecipadamente (pré-aquecer moldes, pré-posicionar materiais e matrizes, etc.);

5.3. As Técnicas de Operacionalização segundo cada autor

As técnicas de operacionalização normalmente utilizadas por cada autor estão apresentadas na tabela abaixo. Esta tabela permite uma comparação entre as tendências de cada autor, devendo ser utilizada em conjunto com a descrição de cada técnica apresentada no item 5.2.

Tem-se, na coluna da esquerda, os números dos passos da sistemática (Capítulo 4), aos quais correspondem as técnicas destacadas na segunda coluna. Nas colunas seguintes tem-se as iniciais dos autores que propuseram estas técnicas, onde a letra S corresponde à Shingo, N à Nakajima, M à Monden, H à Hay, P à Harmon & Peterson, R à Hall, A à Antunes & Rodrigues e K ao autor desta dissertação, estas derivadas de discussões com diversas outras pessoas com formação em engenharia de produção.

As técnicas propostas por cada autor estão assinaladas por um "x". Se, como ocorre na primeira técnica apresentada para o passo 5 (ver tabela abaixo), for assinalado um hífen, isto significa que o autor citou a necessidade da técnica mas não forneceu o meio indicado para aplicá-la. No caso do passo 5, propõe-se a técnica de priorização ao ataque, aplicada com base na Teoria das Restrições (TDR). Os autores

Hay (1987,1992) e Hall (1983) colocam a necessidade de priorização, mas não apresentam uma forma de aplicação. Os autores Antunes & Rodrigues (1993) propõe o princípio de ataque pelo uso da TDR.

Passo	Técnica	S	N	M	H	P	R	A	K
5	Priorização ao ataque Teoria das Restrições - OPT/TOC				x		x	x	
					-		-	x	
6	Vídeo		x		x				
	Linguagem simplificada						x		
	Protótipos								x
	Visitas à empresas								x
	Como e o quê analisar		x		x				
7.a	Cronoanálise	x				x	x		
	Ficha de controle de tempos de <i>setup</i>								x
	Análise por amostragem	x							
	Entrevistas com operadores	x							
	Filmagem em vídeo	x			x	x			
7.b	Gráficos de Pareto dos tempos das tarefas						x		
	Lista de problemas no processo atual								x
7.c	Lista de ferramentas: <i>check-list</i>	x							
	Kit de ferramentas e <i>ckeck-table</i>	x				x			
	Verificar condições do ferramental antecipadamente	x	x						
	Realizar reparos antes da fase interna	x		x			x		
	Utilizar uma pessoa para preparação externa								x
	Roteiro, padrão de procedimentos de troca	x	x	x	x	x	x		
	Padrão técnico (pressões, temperaturas, posições; especificações técnicas)	x	x			x	x		
	Organizar a área de trabalho		x					x	
8.a	Utilizar operadores em paralelo	x	x	x					
	Otimizar o número de operadores e dividir tarefas ordenadamente		x						
	Aumentar a habilidade pela prática dos procedimentos		x					x	
	Organizar peças e materias na seqüência de uso e produção							x	
	Definir conjuntos máquinas x peças	x					x	x	x
	Tecnologia de Grupo (formar famílias)	-					-	-	x

Passo	Técnica	S	N	M	H	P	R	A	K	
8.a	Padrão de procedimentos de ajustagem		x							
	Sistemas de ajustes múltiplos em um movimento	x								
	Análise dos ajustes		x							
	Fixar valores constantes para os ajustes	x	x							
	Limitar a possibilidade de ajustes que não são necessários			x	x		x		x	
	Planejamento de experimentos			-	-		-		x	
	Escalas numéricas e calibres	x					x			
	Posicionamento correto por meio de calibres, pinos e batentes	x					x			
	Tornar linhas de centro ou planos de referência visíveis	x				x		x		
	Sistemas de auto-ajustagem	x		x	x			x		
	Padronização de dispositivos e parafusos, visando redução do número de ferramentas						x			
	Realizar <i>setup</i> somente da parte necessária	x						x		
	Padronização funcional	x	x	x			x	x		x
	Tecnologia de Grupo (formar famílias)	-	-	-			-	-		x
	Prendedores e travas funcionais	x		x			x			
	Sistemas de fixação num único movimento	x	x			x	x			
	Ferramentas rápidas (em T ou L)						x			
	Sistemas de encaixe	x	x							
Mecanização	x		x			x	x			
Reduzir tamanho e número de parafusos	x		x	x	x	x	x			
8.b	Armazenagem focalizada						x	x		
	Organizar almoxarifados (armazenagem)	x					x			
	Usar codificação por cores							x		
	Programar utilização de equipamento pesado						x			
	Substituir equipamentos pesados por mesas com roletes e carrinhos	x					x	x		
9	Preparar condições operacionais com antecedência	x		x				x		
	Ferramentas de fixação suplementares	x	x	x						

Tabela 5.1 - Técnicas operacionais propostas por cada autor

CAPÍTULO 6

COMENTÁRIOS SOBRE A IMPLANTAÇÃO PRÁTICA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

6.1. Introdução

A sistemática de implantação e as técnicas de operacionalização propostas nos capítulos anteriores foram parcialmente utilizadas em uma fábrica de brinquedos de médio porte e em uma fábrica moveleira de pequeno porte, a fim de se avaliar sua adequabilidade prática e possíveis falhas e limitações. Na planta de brinquedos o trabalho durou 9 meses, e na de móveis durou 4 meses.

Na fábrica de móveis a abordagem tomada, relativamente à Troca Rápida de Ferramentas, foi a do ataque a um gargalo de produção, identificado a partir de um diagnóstico feito conjuntamente entre a direção da empresa e a assessoria. Na de brinquedos a abordagem foi a de implantação geral, em toda a fábrica, iniciada em máquinas importantes de cada setor. Procurou-se repassar a sistemática de implantação, de tal forma que os trabalhos pudessem ser continuados posteriormente por pessoas da própria empresa.

6.2. A Fábrica de Brinquedos

A empresa em questão é uma fábrica de brinquedos e utensílios de plástico, madeira e componentes metálicos. É de cunho familiar e cresceu muito rapidamente, tendo agora aproximadamente 400 funcionários, 250 de chão-de-fábrica. Fabrica brinquedos, artigos esportivos, utensílios diversos, materiais escolares e de escritório.

A fábrica pode ser dividida basicamente em seis setores: usinagem de plástico, montagem de plástico, usinagem de madeira, montagem de madeira, pintura e metalúrgica. Destas seis áreas foram escolhidas três para a implantação da Troca Rápida de Ferramentas: a metalúrgica, a usinagem de madeira e a usinagem de plásticos. O setor da metalúrgica basicamente fornece componentes para os setores de plásticos e madeira. O setor de plásticos também fornece alguns componentes para o de madeira, mas fabrica principalmente produtos finais. O setor de madeira faz somente produtos finais.

Destes três setores, o mais importante é o de usinagem de plástico, pois ali são produzidos os principais produtos da empresa. Foi neste setor que o trabalho desenvolveu-se mais efetivamente, ficando, por isto, este estudo de caso limitado a esta área.

6.2.1. Descrição do Setor de Usinagem de Plásticos

Este setor é composto, basicamente, por 13 sopradoras e 20 injetoras de plástico.

Injetoras (figura 6.1) são máquinas que moldam o plástico pela sua injeção sob pressão no interior de um molde fortemente fechado por forças hidráulicas e mecânicas. Estes moldes ou matrizes geralmente são refrigerados e o material endurece em seu interior, ficando com o formato desejado. Abre-se o molde e retira-se a peça pronta. É realizada, normalmente, uma operação de aparafusamento de rebarbas.

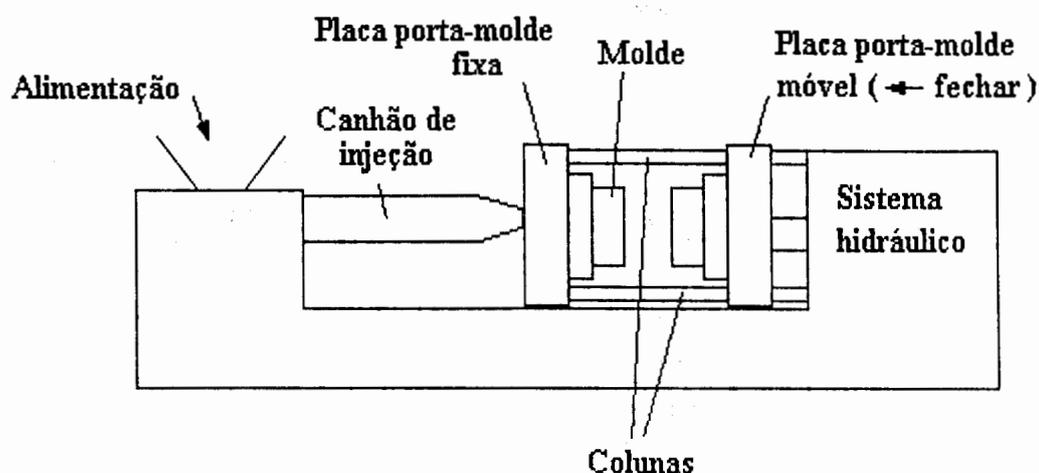


Figura 6.1 - Máquina Injetora

A preparação neste tipo de máquina consiste basicamente em dois tipos: a troca de matrizes e a troca de cores. A troca de matrizes se dá devido à mudança de produto

a ser fabricado, e a troca de cor ocorre quando se quer fabricar um produto de cor diferente da que estava sendo utilizada.

Sopradoras (figura 6.2) são máquinas que moldam o plástico de forma que ele saia da máquina em forma de cilindro oco - *parison* - e a favor da gravidade. Este *parison* desce entre as duas metades do molde, que se fecha sobre ele. Há uma agulha de sopro que entra no centro do *parison* e injeta ar sob pressão, fazendo com que o material adira às paredes do molde, dando-lhe a forma desejada. O sistema que dá a forma e a espessura de parede do *parison* é chamado de *camisa e pino*.

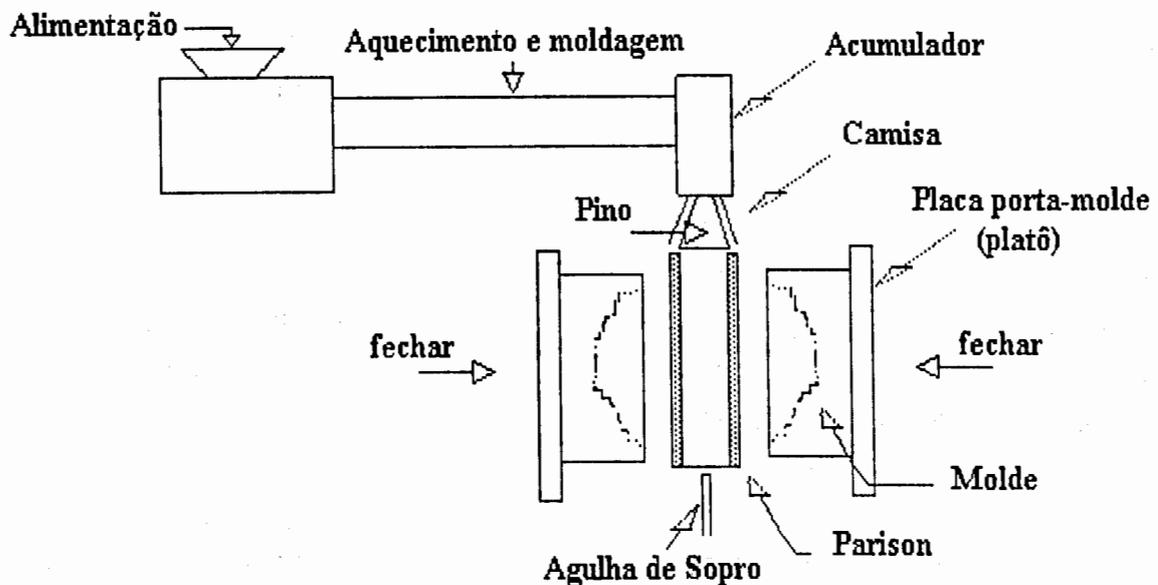


Figura 6.2 - Máquina Sopradora

A preparação neste tipo de equipamento é bastante complexa, podendo-se caracterizar 4 etapas, que podem ou não ser necessárias numa mesma preparação, dependendo do produto a ser fabricado e também do produto anteriormente fabricado. Estas etapas são:

- troca de cor (ocorre quando o produto seguinte é de cor diferente do anterior, e seu tempo varia muito¹);
- troca de matriz ou molde (sempre ocorre);
- troca de camisa (depende de dimensões do molde e do produto anteriores);

¹ Dependendo da troca dar-se de uma cor escura para clara ou de uma clara para escura, tem-se maior ou menor tempo de troca de cor. A mudança de cores escuras para claras é mais demorada - já ocorreram casos em que necessitou-se de 12 horas para limpeza e troca de cores, principalmente pelas más condições de manutenção do equipamento.

- troca ou ajuste das agulhas de sopro (geralmente ocorre, e depende do produto e matriz anteriores).

Em ambos os tipos de equipamentos, a troca de matrizes ocorre por meio de talhas de elevação vertical. As matrizes são elevadas e baixadas por entre as colunas das placas de fixação. As matrizes são fixadas às máquinas por meio de lachas, como mostra figura 6.3 abaixo.

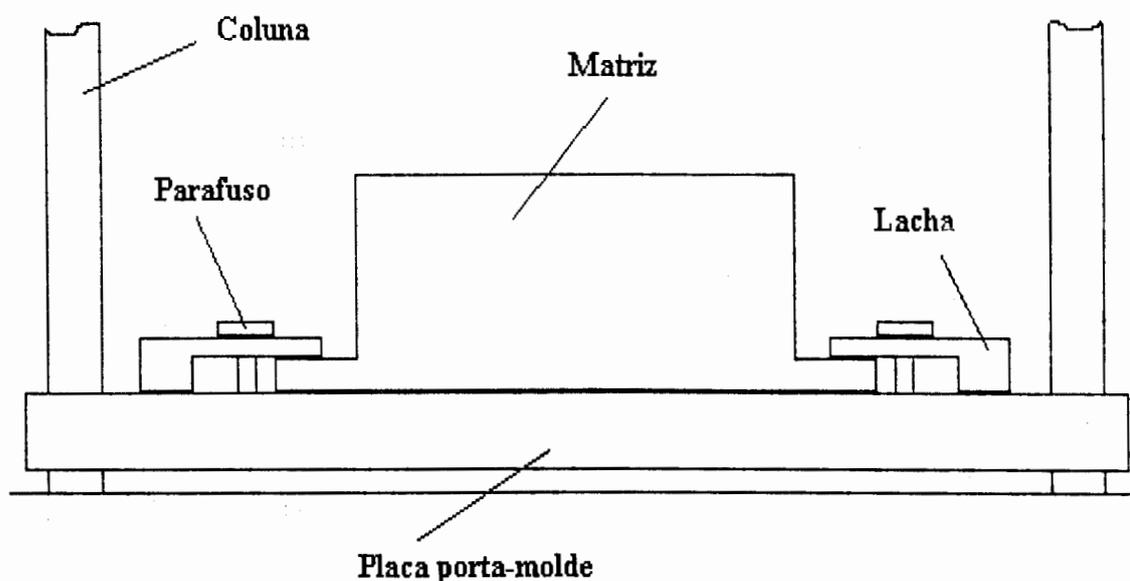


Figura 6.3 - Sistema de fixação por meio de lachas

Existem oito lachas para cada máquina, quatro delas prendem metade da matriz à placa fixa e outras quatro a prendem à placa móvel, que permite a abertura e fechamento da matriz. Todas as lachas atuam por meio de pressão exercida por parafusos.

Todas as matrizes são guardadas num almoxarifado em um prédio ao lado, separado do setor de máquinas. Elas são numeradas e têm, em sua maioria, um lugar específico nas estantes. Não há organização por tipo de produto ou qualquer outro critério, o que também implica na necessidade de procura da matriz desejada.

As trocas de cor geralmente são realizadas pela colocação de novo material na alimentação da máquina. Este novo material vai expulsando o anterior até que haja a limpeza total do sistema e a nova cor saia sem traços da anterior. Isto geralmente leva bastante tempo quando se passa de uma cor escura para uma clara.

Nas sopradoras, a troca e regulagem das agulhas de sopro torna-se difícil, porque o sistema de fixação e regulagem é precário e sua localização é de difícil acesso, exigindo que o operador se abaixe, ou até se deite, por baixo do sistema de

fechamento da matriz. O objetivo da tarefa é simples, mas os meios para realizá-la são complexos. A troca de camisa é a tarefa mais complexa, por ser realizada em uma posição que fica acima da cabeça dos operadores e com as peças ainda em alta temperatura. A regulagem do sistema para atingir a espessura correta do *parison* é por tentativa e erro. Não há um único indicador de posicionamento ou de espessura.

Uma característica da empresa é a divisão da tarefa de *setup* em duas fases, uma de troca física das matrizes e outra de regulagem e ajuste da máquina. A troca é realizada por equipes de dois trocadores, que após a troca, liberam a máquina para ser regulada pelos reguladores, que também realizam a troca de cores. Os operadores das máquinas têm a simples função de retirar as peças das máquinas e aparar manualmente suas rebarbas. No momento da troca os operadores são transferidos para outras máquinas, e não tomam parte no processo. Por vezes atua também o encarregado do setor de materiais, que prepara as cores e as quantidades necessárias, sendo que ele é quem traz o material para junto da máquina. Percebe-se, portanto, que existem, no mínimo, três pessoas envolvidas na preparação, e nenhuma delas trabalha com a máquina o tempo todo.

A passagem do operador para outras máquinas é possível devido ao grande número de equipamentos e às características sazonais de demanda, que fazem com que haja uma grande rotatividade de pessoal. Em épocas de baixa produção, diversos operadores são demitidos (liberando-se equipamentos para realizar esta transferência) e depois são readmitidos em épocas de grande produção.

6.2.2. Sistemática de Trabalho

Numa primeira etapa da intervenção, antes da utilização efetiva de uma metodologia de implantação da Troca Rápida de Ferramentas, foi desenvolvido um trabalho de motivação e treinamento. O treinamento foi baseado na discussão de conceitos de Troca Rápida de Ferramentas e a fase motivacional foi baseada no levantamento de idéias para melhorias de Troca Rápida de Ferramentas. Muitas melhorias foram propostas, tanto organizacionais quanto técnicas, mas poucas delas foram realmente implementadas. Sentiu-se a necessidade de utilizar uma metodologia de implantação, que dirigisse o projeto de *setup* de forma ordenada.

Decidiu-se, então, aplicar a sistemática proposta no capítulo anterior. Como o projeto já havia iniciado e seria difícil quebrar o ritmo e forma de trabalho já em andamento, algumas etapas não eram necessárias ou não tinham mais sentido em serem realizadas, e outras seriam realizadas fora da seqüência indicada, durante o processo de implantação. Isto teve grande validade para este estudo de caso, pois

pôde-se ter um exemplo dos problemas que podem ocorrer no caso de não aplicação da sistemática proposta em sua totalidade.

Uma destas fases que não mais precisava ser realizada foi o passo 1, de convencimento e conscientização da alta gerência, já que o projeto de *setup* estava sendo implantado com apoio formal da alta gerência.

Num primeiro momento, não houve estabelecimento formal, perante os participantes do projeto, da metodologia de implantação que seria utilizada. Os trabalhos seriam conduzidos por um assessor externo que conhecia a sistemática e que direcionaria os trabalhos de acordo com esta metodologia.

Seguindo o passo 2, uma equipe estratégica foi composta, logicamente, pelo sub-gerente da produção (34 anos de fábrica), pelo sub-gerente da manutenção (26 anos de fábrica) e pelo engenheiro mecânico (3 anos de fábrica) responsável pelos equipamentos e pelo cumprimento da programação. Participaram, também, o gerente industrial e o sub-gerente de PCP, responsável, na administração, pela programação geral da fábrica. Eram as lideranças "naturais" do processo, devido a questões de nível educacional e, principalmente, hierárquicas (média gerência). Todos eles já haviam visitado outras empresas, dentre as quais algumas que já haviam implementado com sucesso a Troca Rápida de Ferramentas em máquinas do mesmo tipo que eles utilizavam (viram, portanto, o processo já com diversas melhorias tecnológicas, normalmente mais atraentes para a média gerência (engenharia, em geral) do que as organizacionais).

Propôs-se um treinamento adicional, para esta equipe, sobre princípios da Troca Rápida de Ferramentas e algumas técnicas normalmente utilizadas. Nesta fase, ficou claro o baixo nível de interesse da maioria dos membros da equipe estratégica e ficou caracterizada uma forte reação contra as técnicas normalmente mais utilizadas. Não houve uma valorização adequada do processo de análise e das soluções organizacionais e culturais, pois julgava-se que somente melhorias técnicas nas matrizes e nos sistemas de fixação e transporte resolveriam o problema de troca rápida.

Com o objetivo de convencer o pessoal e demonstrar algumas técnicas, foram desenvolvidos protótipos em madeira (figura 6.4) e apresentados casos de sucesso já ocorridos em outras empresas. Porém, cabe ressaltar que os resultados quanto ao convencimento da equipe estratégica responsável pela Troca Rápida de Ferramentas não foi satisfatório. Basta citar que, apesar do aparente interesse inicial do gerente industrial, este a poucas reuniões compareceu, o mesmo ocorrendo, em menor escala, por parte do sub-gerente de PCP. Isto pode ter ocorrido devido a outros compromissos

(teoricamente mais importantes) e por acharem que estavam bem representados e que sua presença não se fazia necessária.

Não foi realizada uma análise profunda do futuro da planta produtiva (passo 3) por julgar-se que não seria necessário estabelecer modificações significativas nos processos de fabricação e nem na área de Recursos Humanos. Havia, no entanto, a consciência de que um outro trabalho de padronização de produtos e componentes, realizado em paralelo por outro assessor, poderia vir a auxiliar no processo de eliminação da quantidade de matrizes e de preparações necessárias. Porém, este trabalho não chegou a afetar o processo de implantação de troca rápida em andamento, ao menos no curto prazo.

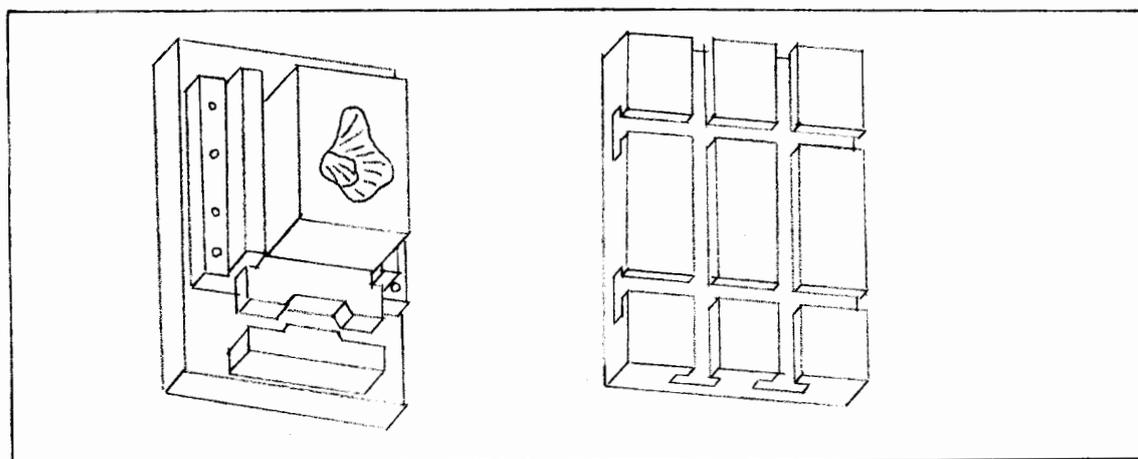


Figura 6.4 - Protótipos em madeira para treinamento

Dentre as políticas de médio e longo prazos (passo 4), somente as de priorização ao ataque e de formação de equipes foram estudadas, pois havia clara resistência da média gerência e dificuldades relativas à falta de capacidade e poder de decisão destas pessoas (não havia uma hierarquia bem definida na empresa, e haviam lideranças informais paralelas, que não foram incluídas diretamente no projeto de troca rápida). Optou-se por tratar das políticas de padronização do ferramental e de disponibilidade dos ferramenteiros no momento em que se observasse a necessidade de uso destas técnicas de acordo com a definição das políticas mais gerais.

Na priorização ao ataque (passo 5), optou-se por trabalhar inicialmente com determinado equipamento (injetora) que fabrica alguns dos produtos mais representativos da empresa. Esta escolha também levou em consideração a rapidez de resultados, devido ao processo simplificado de preparação em comparação com o processo em máquinas sopradoras e à sua maior disponibilidade. Havia a necessidade de demonstrar resultados a curto prazo, para fins de convencimento de algumas pessoas.

Na formação da equipe de trabalho (passo 6) apresentaram-se algumas adversidades, como o baixo grau de instrução, e até analfabetismo, de alguns dos componentes da equipe. Devido a isto, o treinamento desta equipe foi precário, sendo este realizado apenas verbalmente e através de vídeo; não havia condições do uso de apostilas ou qualquer outro material escrito.

Participaram, inicialmente, os reguladores de máquina (com melhor grau de instrução) e, principalmente, os especialistas na preparação (trocadores). Entretanto, havia certa discriminação entre estes dois grupos (provavelmente devido à esta divisão do trabalho e conseqüente valorização da função de regulador - inclusive financeiramente). Como o trabalho dos trocadores era o mais problemático, procurou-se trabalhar mais fortemente com estes, ficando as modificações do processo de regulagem a cargo de uma equipe de orientação.

Devido às dificuldades de lidar com a equipe de trabalho, optou-se por formar uma equipe de orientação, composta de membros da equipe estratégica e de um representante do chão-de-fábrica. Esta equipe tomaria as atitudes necessárias para que as melhorias e técnicas discutidas fossem implantadas.

A partir deste momento, foi apresentada uma sistemática de implantação de Troca Rápida de Ferramentas (Anexo C), composta dos passos 5 a 9 da sistemática proposta no Capítulo 4 e das técnicas mais utilizadas em cada passo destes.

Neste momento, também ocorreram mudanças não previstas de pessoal. O engenheiro mecânico deu lugar a outro, este com visão mais aberta para a engenharia de produção, mais inovador e interessado em gerenciar e administrar o setor. Também houve a troca do chefe da matrizaria. Estas mudanças foram, de forma geral, positivas, dado que a partir daí houve maior envolvimento dos outros componentes e maior interesse pelos trabalhos. A resistência diminuiu, embora não tenha desaparecido.

Esta grande resistência ao andamento do projeto deveu-se, ao que parece, ao não convencimento por parte da sub-gerência do plástico, e das lideranças informais, da importância da Troca Rápida de Ferramentas. Isto ocorreu provavelmente porque não ficaram-lhes claras as vantagens de se ter uma Troca Rápida de Ferramentas e nem a importância da flexibilidade de produção. A visão generalizada das pessoas da empresa é a de que é mais importante aumentar a produção pela melhoria tecnológica das matrizes e moldes do que ganhar flexibilidade com a Troca Rápida de Ferramentas.

Devido às grandes resistências encontradas e ao fato de que a padronização de produtos estava sendo analisada em um projeto paralelo, por outro assessor (baseado

no processo de análise de valor), a apresentação da técnica de redução ou eliminação da necessidade de realização de preparações pela padronização de produtos, não teve aceitação. Nesta fábrica praticava-se a fabricação em paralelo (devido ao grande número de máquinas existentes) e a acumulação de pedidos, cujas desvantagens procurou-se, mais uma vez em vão, demonstrar.

Os problemas durante o processo foram, resumidamente, os seguintes, de acordo com os passos da sistemática:

Passo 1 - Convencimento e comprometimento da alta administração: presumira-se que o processo de motivação tivesse resolvido esta etapa, o que não foi verdadeiro; não foi tomada uma atitude concreta e eficaz para reverter este quadro.

Passo 2 - Estabelecimento da equipe estratégica: não houve o envolvimento do diretor da empresa e nem do gerente financeiro, e a participação do gerente industrial não foi efetiva, o que desacreditou, em parte, o processo perante os sub-gerentes. Houve problemas com lideranças paralelas.

Passo 3 - Análise do futuro da planta produtiva: não foi realizada análise de alterações em processo e em pessoal; alterações em produtos (padronização) estavam sendo realizadas mas não afetariam diretamente (a curto prazo) o *setup*.

Passo 4 - Estabelecimento de políticas de médio e longo prazo: com o objetivo de realizar mudanças rapidamente para o convencimento de diversos membros, políticas como aquisição de equipamentos, projeto de produtos de acordo com a Troca Rápida de Ferramentas, normas de segurança e risco e normas de documentação não foram discutidas; políticas como as de projeto de produtos visando a Troca Rápida de Ferramentas, padronização de produtos, definição de metas para planejamento, construção padronizada de dispositivos, ferramentas e máquinas, disponibilidade da ferramentaria e manutenção, educação e treinamento e formação de equipes seriam discutidas ao longo do processo, quando fosse mais adequado.

Passo 5 - Definição do equipamento a ser estudado: definiu-se um equipamento, contudo, esta não representava a maioria dos equipamentos da empresa, pois era mais avançada. Mesmo assim, a maioria das modificações propostas influenciaram no processo de trabalho também em outras máquinas existentes.

Passo 6 - Escolha e treinamento das equipes de trabalho: encontrou-se problemas educacionais (analfabetismo) e de hierarquia (divisão do trabalho).

Passo 7, 8 e 9 - Separar interno de externo, Simplificar interno e externo e Transferir interno para externo: o levantamento de dados foi realizado por meio de

filmagem, observação e entrevistas; a análise e a execução ficaram a cargo da equipe estratégica, baseando-se nas técnicas a eles apresentadas. Todas estas etapas foram visivelmente prejudicadas devido ao baixo interesse da equipe estratégica.

6.2.3. Realizações Práticas

Até a apresentação da metodologia de trabalho, muitas melhorias foram propostas mas poucas realizações práticas houveram. Bastante tempo foi dispendido para a apresentação e o entendimento da metodologia. Após este intervalo de tempo, reiniciaram-se os trabalhos práticos, obtendo-se resultados pouco significativos, se comparados com os resultados obtidos na empresa de móveis onde o convencimento da alta e média gerência foi total. Estes resultados estão descritos abaixo, de acordo com as etapas 1 a 5 de implantação desta metodologia (anexo C).

Passo 1. Escolher uma preparação a ser melhorada:

Foi escolhida uma máquina injetora de plástico que trabalha com alguns dos produtos mais rentáveis da empresa. É uma máquina nova com diversos sistemas automatizados, o que simplifica a tarefa de preparação.

Passo 2. Escolher a equipe de trabalho:

Devido ao baixo grau de instrução dos trocadores e à resistência dos reguladores, formou-se uma equipe de orientação composta por membros da equipe estratégica mais um representante do chão-de-fábrica, que fariam toda a análise do processo e se encarregariam de coordenar a implantação das melhorias propostas.

Passo 3. Diferenciar entre preparações internas e externas:

Primeiramente, criou-se uma ficha de controle de tempos de preparação, que permitiria o controle dos tempos de troca em todas as máquinas. Segundo os subgerentes, a simples inclusão de um sistema de controle fez com que o tempo de *setup* caísse de 2 para 1,5 horas (redução de 25%).

Realizaram-se entrevistas com os operários e gravações em vídeo do processo de troca de matrizes e regulagem de máquinas. A partir disto, descreveu-se cada passo, na seqüência exata em que ocorriam. Na análise do roteiro, procurou-se identificar quais os passos que poderiam ser realizados simultaneamente, quais eram mal executados, qual a sua melhor seqüência, e definir exatamente quem faria o quê e quando.

Passo 4. Garantir a execução de atividades externas com a máquina em operação:

Seguem-se descrições de algumas melhorias propostas para a solução de problemas encontrados, muitas das quais aprovadas mas não implementadas e outras simplesmente rejeitadas pelo grupo:

- foi criado um padrão, um roteiro, para realização de troca e regulagem baseado na análise do passo 3 anterior, propondo-se a simultaneidade de troca de matriz e de regulagem com a troca de cor;
- um padrão técnico de regulagens já havia sido proposto internamente antes do envolvimento da assessoria, mas sua utilização não era freqüente e não existia para todas as situações, ou seja, não havia um padrão para cada conjunto máquina/matriz (temperaturas, pressões e velocidades de injeção variam, de máquina para máquina, para uma mesma matriz). Propôs-se a utilização freqüente e a atualização destes padrões;
- foi discutida a idéia da necessidade de elaboração de um manual de regulagens, pois, em observações de chão-de-fábrica, percebeu-se que as pessoas não tinham conhecimento de que duas das máquinas injetoras tinham memória para armazenagem de parâmetros técnicos de diversas matrizes, e muito menos sabiam utilizá-las quando necessário. Descobriu-se, posteriormente, que estas memórias estavam com mal funcionamento e foram contactados os fabricantes dos equipamentos para tomarem as providências necessárias para conserto e treinamento de pessoal;
- a padronização de ferramentas foi discutida e deveria ocorrer pela padronização dos parafusos de fixação de todas as máquinas. Existem as mais diversas bitolas de parafuso métricos e em polegadas, de tipo *allen* e sextavados, principalmente porque as máquinas são de diferentes fabricantes (falta de padronização de equipamentos). Devido à falta de organização, vários furos para fixação foram estragados pela utilização parafusos de sistema métrico em furos de polegadas ou vice-versa. Optou-se por pintar nas próprias máquinas a bitola dos parafusos usados e padronizá-los para o tipo *allen*, enquanto não ocorrerem a padronização de matrizes e a realização de um novo sistema de fixação;
- a formação de *kits* de ferramentas e materiais por máquina não foi aceita (cultura técnica), e os trocadores continuam com suas caixas de ferramentas, cheias de arruelas, arames e outros elementos "enjambradores";

- a armazenagem de ferramentas e de matrizes junto às máquinas também não foi aceita, alegando-se falta de espaço e necessidade de movimentação das máquinas;
- as empilhadeiras trabalham normalmente no setor de madeiras, e quando uma matriz pesada demais para a estrutura das talhas vai ser colocada, elas são deslocadas para o setor de plásticos. A programação deste equipamento foi discutida e foi acordado que haveria um aviso antecipado para que o trabalho fosse preparado. A programação ficou, teoricamente, a cargo do sub-gerente de produção, mas na prática não é usualmente utilizada;
- a programação de trocas não existe. Tudo é decidido caso a caso pelo sub-gerente de produção. Propôs-se o estudo do sequenciamento do *setup*, pois o tempo de preparação era dependente do produto anteriormente fabricado (poderia ou não ocorrer regulagem do fechamento do platô da injetora e a troca do conjunto camisa e pino e da agulha de sopro na sopradora). Novamente houve descaso quanto a mais esta solução;
- um dos grandes problemas da produção era a falta de disponibilidade de matéria-prima junto à máquina, principalmente devido à falta de programação e comunicação entre as pessoas encarregadas. Sugeriu-se a programação e a comunicação com antecedência suficiente (a cargo do sub-gerente de produção) para a preparação do material (não realizado na prática);
- matrizes em más condições muitas vezes são usadas assim mesmo, pois não há a consciência de que não vale a pena manter peças e materiais com má qualidade. Não há prioridade claramente definida para a manutenção de matrizes, ocorrendo esta principalmente pela data de entrega do pedido.

Passo 5. Converter Atividades Internas em Externas:

Os trabalhos de intervenção nesta empresa foram interrompidos nesta fase, quando se iniciava a discussão da padronização de matrizes. Foi realizada nesta etapa a medição das dimensões características de cada matriz. Como os encarregados do almoxarifado de matrizes são os trocadores e estes são semi-analfabetos e pouco instruídos, foi-lhes ensinada a utilização de paquímetros, para que pudessem auxiliar neste levantamento. Os passos seguintes tratariam do levantamento de características das máquinas e da utilização da tecnologia de grupo para a criação de famílias, a fim de propor um padrão para cada uma delas e definir exatamente um conjunto máquina/famílias, buscando assim uma padronização de matrizes e máquinas com vistas à Troca Rápida de Ferramentas.

Após o levantamento e a análise das matrizes e máquinas, partiria-se para a definição das dimensões do sistema de fixação rápida anteriormente proposto a eles (baseado no sistema de encaixes *bolt-less* de Shingo (1985)).

Algumas outras melhorias realizadas, de forma um independente da seqüência da metodologia, mas que vão ao encontro das necessidades da Troca Rápida de Ferramentas foram:

- organização do almoxarifado de matrizes, com a identificação das mesmas e definição de seus locais nas prateleiras;
- padronização dos bicos de injeção das matrizes, o que facilitaria a troca dos anéis centradores (as matrizes são completamente despadronizadas, o que dificulta enormemente a troca de ferramentas e a melhoria do sistema para uma Troca Rápida de Ferramentas, pois os ajustes sempre são diferentes e antes de se implantar um sistema automático de fixação rápida deve-se padronizar todas as partes necessárias, como as abas de fixação, a posição do canal de injeção, o sistema de centragem etc.);
- utilização de chaves catraca para soltar e fixar as lachas (houve problemas com verbas para viabilizar esta solução);
- pintura, na própria matriz, da altura da matriz, que define a regulagem do fechamento da máquina, a fim de que fosse eliminada a tarefa de medi-la para realizar esta regulagem;
- criação de um quadro de localização de matrizes, que indica se a matriz está no almoxarifado, ou se está sendo recuperada na matrizaria ou no setor de manutenção, ou se ela está em alguma máquina;
- aquisição e colocação de engates rápidos para as mangueiras de refrigeração, que eram fixadas por presilhas;
- discussão e implantação de um sistema de segurança para que as matrizes não se abram quando manejadas, da colocação de ganchos e do feitio de furos para todas as matrizes (apesar de todas elas serem manipuladas por talhas de elevação vertical, várias não tinham sistema para fixação do gancho da talha e eram elevadas por meio de correias de borracha que eram colocadas de forma que as envolvessem);
- eliminação de pontes de água de refrigeração das matrizes. Pontes de água são pequenas tubulações utilizadas para desviar o fluxo da água de refrigeração

quando isto é muito difícil de ser feito no interior da matriz (ver fig. 6.5). Algumas destas pontes tinham de ser retiradas para a colocação da matriz na máquina e depois recolocadas para permitir o retorno do líquido arrefecedor;

- inclusão do operador na tarefa de troca de matriz e regulagem de máquinas, possível pelo acompanhamento e treinamento no processo de troca, pela criação da ficha de regulagem de máquina e pelo treinamento do operador na própria tarefa de regulagem. Isto diminuiria o número de pessoas envolvidas.

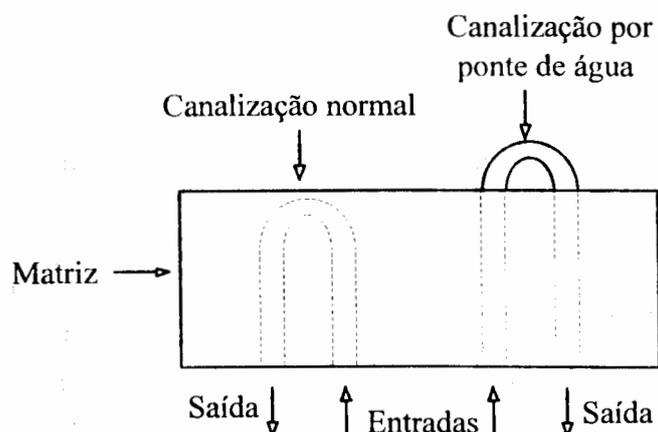


Figura 6.5 - Detalhes de refrigeração de matrizes

6.2.4. Análise crítica

Qualquer programa, projeto ou sistemática que se queira implementar em qualquer empresa depende fortemente do envolvimento e da dedicação das pessoas neles envolvidas. Quando houver resistências, é importante que a alta gerência tome atitudes concretas, a fim de confirmar a importância do trabalho que está sendo realizado e seus objetivos, e de demonstrar seu apoio ao projeto.

Deve haver uma formalização do projeto; ele deve ser bastante divulgado e, quando da sua implantação, deve ter documentados o processo atual, seus problemas, as melhorias propostas e as implementadas, as responsabilidades e prazos atribuídos.

Quando se inicia o processo de análise do processo de troca de ferramentas, ou seja, a partir do momento em que há um interesse em observar e melhorar o processo, dezenas de idéias e melhorias possíveis surgem por todos os lados, independentes da seqüência da sistemática de implantação. Isto muitas vezes quebra a seqüência e o encadeamento das idéias, mas é importante que elas sejam catalogadas de acordo com as fases de implantação da sistemática, para que sejam analisadas posteriormente com maior profundidade e sejam implementadas numa ordem adequada. Apenas aquelas

melhorias mais simples e de implantação imediata devem ser implementadas fora da seqüência proposta.

Normalmente, na ânsia de se atingir a Troca Rápida de Ferramentas com maior rapidez, se procura partir logo para melhorias tecnológicas. Existe um grande fascínio pela busca de soluções complexas e automatizadas, e pouco interesse pelas organizacionais ou comportamentais, que são simples, de baixo custo, ordenadas e eficientes.

A insistência em seguir as fases da sistemática e não tratar imediatamente do que, na visão do pessoal de fábrica, é mais importante (mudanças tecnológicas), pode desmotivar o pessoal. Deve ficar claro que as etapas organizacionais e culturais são tão (ou mais) importantes quanto as tecnológicas, pois sua não utilização pode fazer com que todo o investimento tecnológico seja desperdiçado. Por exemplo, ganhos de 10 minutos com sistemas de fixação mecanizados podem facilmente ser perdidos se não houver a organização do almoxarifado de matrizes e se houver falta dos materiais necessários para iniciar a produção.

Nesta empresa, a maior parte das melhorias implementadas são de cunho organizacional e comportamental. Os resultados foram muito, pois a empresa era bastante desorganizada: reduziu-se o tempo médio de preparação de 2 horas para apenas 40 minutos (67%). Se algumas melhorias tecnológicas de baixo custo fossem implementadas, haveria uma redução de mais 5 ou 10 minutos (estimada). Os 25 minutos restantes somente seriam reduzidos com alto investimento em padronização de matrizes e em sistemas de fixação rápidos e autoposicionantes.

Existem algumas melhorias tecnológicas que podem eliminar ou simplificar melhorias organizacionais, principalmente pela agilização e simplificação do processo. Por exemplo, um sistema de fixação rápida por encaixe, autoposicionador, elimina a utilização de lexas, parafusos e arruelas para fixação, a necessidade de dois operadores, a utilização de chaves e ferramentas etc., reduzindo a complexidade do processo de preparação. Qualquer melhoria organizacional que tenha sido realizada relativamente às lexas, parafusos, arruelas e chaves, pode ser agora desnecessária.

Alguns procedimentos (cultura técnica) da empresa tiveram de ser alterados para que houvesse uma redução de custos e de tempos de preparação. Os reguladores passaram a trabalhar junto com os trocadores, ao mesmo tempo. A decisão de incluir o operador da máquina no processo de troca e regulagem foi uma grande mudança, e vem ao encontro do objetivo de eliminar esta hierarquia (também salarial) prejudicial à empresa. Esta hierarquia é prejudicial porque cria uma discriminação das atividades

realizadas, além da divisão e posse do conhecimento, dificultando a implantação da multifuncionalidade do operador.

Deve ser destacada a importância de se compor uma equipe estratégica que tenha condições de analisar o sistema produtivo (produtos, equipamentos, processos e pessoal) e de estabelecer políticas de médio e longo prazos adequadas. Esta equipe deve ser formada por pessoas que tenham interesse no projeto e poder e determinação para tomar decisões e atitudes decisivas.

As equipes de trabalho devem ter condições e autonomia para realizar, além de uma análise crítica do processo de troca de ferramentas, as modificações e melhorias que forem propostas.

A definição de diretrizes numéricas, metas e objetivos, é muito importante para o controle do andamento do trabalho e para que se tenha sempre em mente o que se pretende. Nesta empresa, não foi definido um fundo financeiro especial para cada máquina. Isto fez com que as pessoas sempre argumentassem que tudo seria muito dispendioso de se fazer ou de se obter, mesmo sem a execução concreta de um orçamento real. Provavelmente, estas posições se devem ao fato de que diversos projetos internos, propostos há muitos anos, antes de haver uma mudança de mentalidade da empresa, não foram aprovados, alegando-se que exigiam alto investimento. Isto certamente gerou uma dúvida entre os envolvidos, que reflete parte da resistência aos trabalhos: "como é que agora, para assessores externos, que não compreendem totalmente os aspectos tecnológicos e organizacionais da nossa fábrica, que não têm nada à ver conosco, vão conseguir a liberação de mais recursos?".

Contra esta reação, só se pode tentar fazer com que as pessoas sintam que os projetos e trabalhos são deles, e que ninguém está tentando dizer que tudo o que é realizado na produção está errado ou que eles são incompetentes e que por isso a assessoria foi contratada. Deve-se procurar construir um clima de parceria. Para tal, é necessário que as pessoas estejam abertas a discussões e debates, e que elas entendam que todos trabalham com um objetivo comum, a melhoria da qualidade e produtividade via técnicas tais como a Troca Rápida de Ferramentas.

O objetivo nesta empresa era o repasse da sistemática de análise e das técnicas utilizadas para atingir uma Troca Rápida de Ferramentas, o que foi realizado. No entanto, o processo foi extremamente demorado. Esta demora está relacionada diretamente com os passos 1 a 4 da sistemática proposta, isto é, deveu-se principalmente à falta de convencimento da alta gerência. Outro fator que propiciou o longo tempo de execução foi a intenção de gerar interesse e disposição, inicialmente não existentes, para realizar a implantação da Troca Rápida de Ferramentas.

6.3. A Fábrica de Móveis

Esta empresa é de pequeno porte, com aproximadamente 100 funcionários, e fabrica principalmente beliches, guarda-roupas, camas de casal e de solteiro, sendo aproximadamente 40% destes destinados à exportação.

Detectou-se um problema de gargalo produtivo numa máquina perfiladeira. A proposta de solução então existente seria a aquisição de um novo equipamento. Após contatos da diretoria da empresa com assessores externos, optou-se por trabalhar na redução de tempos de preparação, visando ganhar maior capacidade e aumentar a produtividade. Houve o convencimento direto do presidente da empresa para a realização deste trabalho.

A máquina perfiladeira (fig. 6.7) trabalha diversas peças de madeira, procurando dar-lhes a forma e as dimensões adequadas para encaixe e montagem. A maioria das peças fabricadas devem ter um perfil como o do desenho abaixo (fig. 6.6), que é obtido com fresas especiais.

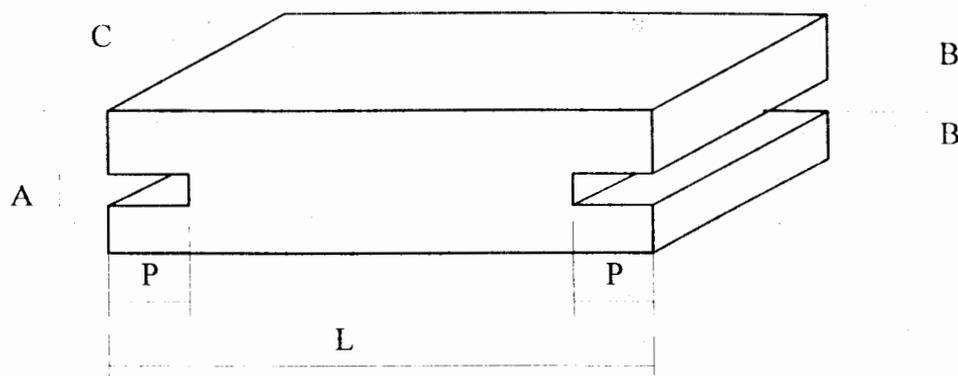


Figura 6.6 - Esboço das peças fabricadas na perfiladeira

Estas peças são carregadas na máquina manualmente, sendo movimentadas em seu interior por meio de esteiras. Ao passarem pela máquina, as peças passam pelas fresas que as cortam nas dimensões (A, B, P e L) exigidas. Existe um sistema que exerce pressão sobre as peças, evitando que elas se movimentem ou mudem de posição ao serem cortadas.

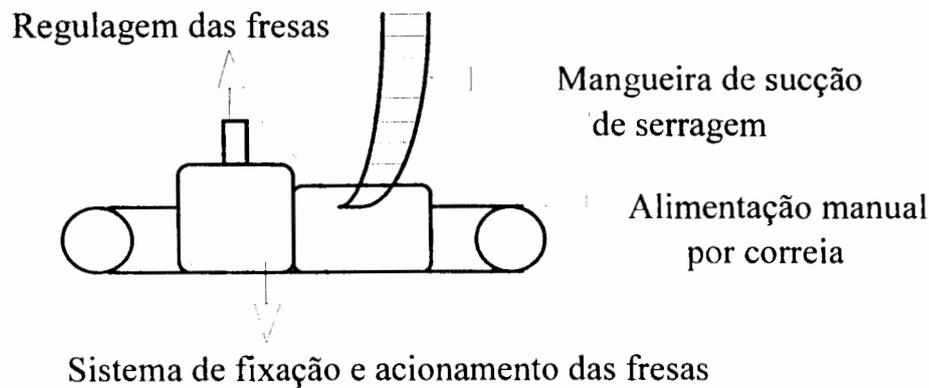


Figura 6.7 - Máquina Perfiladeira

Este tipo de equipamento tem diversas regulagens e ferramentas que possibilitam a obtenção das dimensões necessárias. Como as peças são simétricas, as regulagens realizadas de um lado devem ser iguais às do outro lado, sendo que as regulagens em um lado afetam as feitas no outro. Portanto, o processo de regulagem é complexo, e baseava-se fundamentalmente na experiência do operador.

6.3.1. Sistemática de Trabalho

Os objetivos do trabalho nesta empresa constituíram-se na solução de um problema específico, ou seja, a minimização do gargalo produtivo e, a partir do estudo deste caso, repassar a metodologia para a empresa.

O convencimento e a conscientização da alta gerência (passo 1) deu-se, em parte, já na entrevista inicial entre consultores e a diretoria, principalmente pela possibilidade de protelar a compra de um novo equipamento, de valor pr'oximo a US\$ 80.000. Este equipamento gargalo (máquina perfiladeira) foi identificado em consenso entre a assessoria e a diretoria da empresa.

O estabelecimento de uma equipe estratégica (passo 2), a análise do futuro da planta produtiva (passo 3) e o estabelecimento de políticas de médio e longo prazo (passo 4) não têm sentido neste caso, pois a abordagem não foi de implantação de melhorias globais de *setup*, mas era específica e dedicada para uma determinada máquina.

A definição do equipamento a ser estudado (passo 5) estava clara desde o princípio, pois havia um consenso entre a alta gerência, a média gerência e a assessoria (que se utilizou do método (TOC) apresentado por Antunes & Rodrigues (1993)) sobre qual era a máquina gargalo, que era uma perfiladeira.

Por se tratar de um trabalho de assessoria externa, diversas informações foram levantadas pelos assessores, para um perfeito conhecimento do processo de

preparação da máquina em questão. Foram analisadas as características dos produtos fabricados, a produtividade e o índice de refugos do equipamento, e foram realizadas a filmagem e a cronometragem do processo de preparação.

Este processo foi então analisado e criticado pelos assessores, que, com base nos passos de separação entre interno e externo (passo 7), de simplificação das tarefas internas e externas (passo 8) e de transferência de passos internos para externos (passo 9) e nas suas respectivas técnicas de operacionalização, encontraram diversas melhorias possíveis. A seqüência de operações para a troca foi documentada, e cada passo foi cronometrado, o que permitiu uma análise comparativa (gráfica) destes tempos. Problemas e dúvidas observadas foram enumeradas e soluções possíveis foram propostas.

Realizou-se, então, um treinamento gerencial, que envolveu chefes e supervisores, e que abordou mais aspectos práticos do que teóricos. Foram apresentados casos práticos de implantação da Troca Rápida de Ferramentas em outras empresas e a metodologia de forma simplificada.

O passo seguinte, de formação do grupo de trabalho (passo 6) levou à seguinte formação: o gerente como líder da equipe, o supervisor como co-líder e o operador, o coordenador geral, dois ajudantes e o mecânico da manutenção como componentes básicos da equipe. Os consultores atuaram sob uma perspectiva de *staff* de apoio. Houve um treinamento onde apresentou-se a lógica de , uma explicação simplificada de teoria, o video-tape com o detalhamento da troca, os problemas encontrados e possíveis soluções.

Houve a discussão das causas dos problemas e de suas possíveis soluções, sendo apresentado o conceito "doutor/enfermeiro", de trabalho conjunto entre duas pessoas, com a finalidade de reduzir a movimentação ao redor da máquina e de facilitar o processo de troca e ajuste. Destas discussões surgiram 12 sugestões de melhorias que deveriam ser realmente implementadas (ver item 6.3.2).

Foram colocadas metas e objetivos, entre os quais estavam a redução de tempo de preparação de 22 minutos (média) para 8 minutos, aumento da produtividade de 44 peças/minuto para 65 peças/minuto e a redução de refugos de 8 peças por preparação (processo de ajuste por tentativa e erro - *try-out*) para zero. Após a implementação das melhorias os resultados finais superaram as expectativas, ficando o tempo de preparação em 7 minutos (redução de 68%), a produtividade em 133 peças por minuto (aumento de 202%) e o índice de refugos em 3 peças por cada *setup* (redução de 62.5%).

O novo método de trabalho foi praticado, treinado, documentado em vídeo e novamente analisado, sendo então proposta a utilização de planejamento de experimentos para a redução de tempos de ajustes e refugos. Há uma provável interação dos ajustes nesta máquina, e com o auxílio desta técnica, pode-se determinar os fatores mais significativos no processo. A redução de ajustes e refugos se daria pela maior atenção a estes fatores. Este processo não foi implementado ainda, devido ao fato de que as melhorias obtidas já foram suficientes para eliminar completamente a restrição de produção neste equipamento para a situação existente, sendo o gargalo deslocado para outra máquina.

6.3.2. Realizações Práticas

Da análise e discussão do processo de preparação com o grupo de trabalho, surgiram 12 tarefas básicas que deveriam ser executadas para que se alcançassem os objetivos propostos. São elas:

- o uso da metáfora "doutor/enfermeiro" - verificação de atividades complexas a serem realizadas pelo doutor e de atividades simples e de apoio ao doutor realizadas pelos enfermeiros;
- armazenagem focalizada - colocar todo o ferramental próximo à máquina, nas posições e configurações adequadas;
- dispositivo de alimentação - a alimentação passa a ser menos dependente do operador, que passa a apenas colocar uma certa quantidade de peças no alimentador que passa a alimentar a máquina num ritmo adequado e preciso, aumentando a produtividade do equipamento;
- padronização - as flanges de separação das fresas (determinam a dimensão A da peça - fig. 6.5) devem ser de espessuras padronizadas, baseando-se naquela comum à maioria das flanges (altera-se o menor número possível de falges);
- fixação - utilizar um sistema de encaixe ou presilhas de pressão para o captador de pó e serragem (que serve de proteção quando a máquina opera e deve ser desconectado para realização da troca);
- dispositivo de descarga - uma vez melhorada a alimentação da máquina, a sua descarga passa a ser problemática. Necessita-se de um sistema também simples e automático para a descarga (obs.: isto não interfere no processo de preparação);

- gabaritos - ao invés de utilizar um sistema de trenas e réguas, utilizar gabaritos que contenham a medida exata da abertura da máquina (largura L da peça) necessária para cada tipo de peça (a variedade não é muita, permitindo este processo);
- planejamento de experimentos - redução de ajustes e, conseqüentemente, de refugos por meio da análise de fatores significativos e seus valores ótimos para cada tipo de peça;
- procedimento operacional - determinação do trabalho conjunto do doutor e do enfermeiro, definindo-se quem faz o quê e quando;
- manutenção - o ferramental e o equipamento devem estar em condições de uso, para evitar imprevistos no momento da troca;
- *layout* geral - ferramental, materiais e dispositivos devem estar preparados adequadamente para o processo de *setup*;
- dispositivos - proposta de um dispositivo de inspeção e verificação precisa de dimensões das peças fabricadas.

6.3.3. Análise Crítica

Neste caso, praticamente não houveram resistências ao processo de implantação, pois a fase de convencimento da alta e média gerência foi efetivamente realizado. Ou seja, preparou-se adequadamente o ambiente cultural para as modificações. Pode-se dizer, ainda, que empresas de pequeno porte têm maiores dificuldades para aquisição de novos equipamentos, sendo "forçadas" a optarem por outros tipos de soluções.

A compra de um novo equipamento como a perfiladeira, num valor de US\$ 80.000, mostrou-se desnecessária e o gargalo produtivo foi deslocado para outro tipo de equipamento.

A posição pragmática da consultoria externa visando buscar a solução de um problema, e o conseqüente repasse de uma metodologia de trabalho, com apoio da alta gerência e sem resistências da média gerência, parece ter sido eficaz, se comparada com a posição adotada para a fábrica de brinquedos. Notou-se uma diferença quanto ao comportamento da alta direção relativamente ao trabalho realizado. Pode-se concluir que, para implementação de um programa global de Troca Rápida de Ferramentas, o repasse da sistemática e o envolvimento com as pessoas em todos os níveis são essenciais para o sucesso do trabalho.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

Neste trabalho apresentou-se uma contextualização da Troca Rápida de Ferramentas como base do sistema de produção JIT/TQC, a relação da Troca Rápida de Ferramentas com a redução de estoques e sua conseqüente relação com a redução do tempo de atravessamento, com o objetivo de demonstrar a forte relação da Troca Rápida de Ferramentas com a competitividade da empresa.

Diversas metodologias de implantação da Troca Rápida de Ferramentas encontradas na literatura foram colocadas e analisadas, resultando-se de uma combinação conveniente de pontos coincidentes e complementares destas, a proposta preliminar de uma metodologia de implantação mais completa.

A partir da análise desta metodologia, de experiências próprias e da ampla discussão do tema com diversas pessoas da academia e da indústria, propôs-se uma sistemática de implantação global da Troca Rápida de Ferramentas.

Foram, então, apresentadas, de acordo com a sistemática proposta, as técnicas de operacionalização (comportamentais, organizacionais e tecnológicas) introduzidas por cada autor, seguindo-se comentários sobre a implantação da sistemática em duas empresas de ramos distintos.

A sistemática proposta procura ser genérica mas, no entanto, como cada empresa tem recursos humanos (e seu interrelacionamento), tecnologias e processos característicos, ela pode não ter todos os passos metodológicos e técnicas aplicáveis a todos os casos, exigindo uma adaptação conveniente e uma pesquisa das referências apontadas, quando for o caso. Contudo, esta sistemática permite que se planeje e organize, de forma lógica e sistematizada, o processo de implantação.

A sistemática proposta tem características de planejamento de curto, médio e longo prazos, considera aspectos gerenciais e administrativos e busca o desenvolvimento de um ambiente favorável à implantação da Troca Rápida de Ferramentas, permitindo a seleção de recursos e a capacitação das pessoas envolvidas.

A apresentação da necessidade de envolvimento da alta administração, da formação de uma equipe estratégica que realizará todo o planejamento do processo de implantação baseando-se na necessidade do estabelecimento de políticas de atuação, como as propostas neste trabalho, dentre as quais se destacam as políticas de priorização ao ataque e de formação e treinamento de equipes, conferem à esta sistemática as características de médio e longo prazos necessárias ao desenvolvimento de um ambiente propício à implantação da Troca Rápida de Ferramentas.

No entanto, o sucesso do processo de implantação depende fortemente do envolvimento da alta administração e da capacitação e cooperação tanto da média gerência quanto do pessoal de chão-de-fábrica. O envolvimento da alta administração é essencial para quebrar barreiras políticas, culturais e até financeiras, além de promover a aceitação do processo em todos os níveis. Sem o envolvimento da alta administração, a implantação global da Troca Rápida de Ferramentas é inviabilizada, antecipada ou posteriormente.

CAPÍTULO 8

RECOMENDAÇÕES DE CONTINUIDADE

Este trabalho procura ser uma base para o desenvolvimento de diversas outras dissertações, que abordem temas correlatos e a Troca Rápida de Ferramentas sob outros aspectos, como, por exemplo:

- Vínculos com a Manutenção Produtiva Total (MPT ou TPM): pode-se, por exemplo, analisar as influências que a Troca Rápida de Ferramentas tem sobre a MPT no que diz respeito à padronização e simplificação de máquinas, dispositivos, ferramentas e produtos, ou a relação do aumento do ritmo de trabalho com índices de quebra, ou qualquer outro assunto relacionado;
- Vínculos com o Controle de Qualidade (CQ): pode-se realizar um estudo aprofundado para determinar como a Troca Rápida de Ferramentas contribui para a melhoria da qualidade e redução dos níveis de controle necessários, já que a Troca Rápida de Ferramentas reduz os níveis de refugos e retrabalhos e elimina alguns passos de controle e contagem de peças;
- Vinculações Sociais: pode-se realizar um estudo relacionando a motivação e o envolvimento dos trabalhadores por ser a Troca Rápida de Ferramentas uma medida concreta para a melhoria das condições de trabalho, ou por exigir/proporcionar um aumento do ritmo de trabalho etc.;
- Padronização: uma das técnicas mais efetivas para a Troca Rápida de Ferramentas é a padronização. Implicações práticas e vantagens decorrentes de sua utilização certamente merecem estudos mais representativos e discussões mais abrangentes.

- Flexibilidade: estudos da influência que a Troca Rápida de Ferramentas tem sobre as diversas flexibilidades existentes podem ser ainda realizados de uma forma detalhada e específica;
- Células de Produção: a Troca Rápida de Ferramentas como pré-requisito para alterações de *layout* e formação de células de produção ou quaisquer outras implicações neste sentido;
- Kanban: as influências da Troca Rápida de Ferramentas na implantação e no bom funcionamento de um sistema de informações, como o Kanban.
- Técnicas de Operacionalização da Troca Rápida de Ferramentas: este trabalho apresenta as técnicas mais utilizadas por cada autor para operacionalizar a redução de tempos de *setup*, e também algumas menos comuns como a Tecnologia de Grupo ou o Planejamento de Experimentos, mas não procura desenvolver a fundo cada uma delas. Muitas técnicas necessitariam de descrições detalhadas e de desenhos explicativos para que se entendesse seu funcionamento e o contexto em que foram desenvolvidas e aplicadas. Além do mais, como podem surgir as mais diversas técnicas e soluções a cada caso estudado, ter-se-ia um trabalho extenso, muito específico e técnico sobre o assunto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ANTUNES, José A.V.; RODRIGUES, Luís H. A teoria das restrições como balizadora das ações visando a troca rápida de ferramentas. *Produção*, v.3, n.2, p.73-85, 1993.
- 2 Pesquisa sobre o desempenho da indústria brasileira - 1993. *Atualidades em Qualidade e Produtividade*, São paulo: IMAM, n.29, p.1, jul. 1993.
- 3 CRAWFORD, Karlene M.; COX, James F. Adressing manufacturing problems through the implementation of Just-in-Time. *Production and Inventory Management Journal*, v.32, n.1, p.33-36, 1991.
- 4 DEMING, W.E. On some statistical aids toward economic production. *Interfaces*, v.5, n.4, p.1-15, 1975.
- 5 D'OUVILLE, Ed, WILLIS, T.Hillman; HUSTON, C.Richard. A note on the EOQ-JIT relationship. *Production Planning and Control*, v.3, n.1, p.57-60, 1992.
- 6 GOLDRATT, Eliyahu M.; FOX, Robert E. *A corrida pela vantagem competitiva*. São Paulo: Educator, IMAM, 1992. 177p.
- 7 HALL, Robert W. *Zero inventories*. Homewood: Dow Jones-Irwin, 1983. 329p. Cap.5, p.83-118.
- 8 HARMON, Roy L.; PETERSON, Leroy D. *Reinventando a Fábrica*. Rio de Janeiro: Campus, 1991. 380p. Cap.7, p.225-253.
- 9 HAY, Edward J. *Just-in-Time*. São Paulo: Maltese-Norma, 1992. 233p.
- 10 HAY, Edward J. Any machine setup time can be reduced 75%. *Industrial Engineering*, v.17, p.62-66, 1987.
- 11 HAYES, Robert H. Porque as fábricas japonesas funcionam. *Harvard-Exame*, Novos Caminhos, Série Temática Planejamento Estratégico, p.88-96, 1990.
- 12 FLEURY, A.; HUMPHREY, J. Recursos humanos e a difusão e adaptação de novos métodos para a qualidade no Brasil. *IPEA*, 1992.
- 13 KARMARKAR, Uday S. et al. Lot sizing and lead time performance in a manufacturing cell. *Interfaces*, v.15, n.2, p.1-9, 1985.

- 14 MACEDO, Luiz. *Sistema de produção com inventário minimizado*. São Paulo: IMAM, 1992. 160p.
- 15 MONDEN, Yasuhiro. What makes the Toyota Production System really tick?, *Industrial Engineering*, p.36-46, 1981.
- 16 MONDEN, Yasuhiro. *O Sistema Toyota de Produção*. São Paulo: IMAM, 1984. p.43-48,.
- 17 SHIROSE, Kunio; GOTÔ, Fumio. Eliminating the six big losses. In: NAKAJIMA, Seiichi. *TPM development program - implementing Total Productive Maintenance*, Cambridge: Productivity Press, 1989. 411p. Cap.3, p. 112-129.
- 18 NARASIMHAM, Ram; MELNYK, Steven A. Setup time reduction and capacity management: a marginal-cost approach *Production and Inventory Management Journal*, v.31, n.4, p.55-59, 1990.
- 19 RUSSOMANO, Victor H., *Planejamento e acompanhamento da produção*,. 4ª Ed. Rev. São Paulo: Pioneira, 1986. 240p. Cap.1, p.11.
- 20 SCHONBERGER, Richard. *Técnicas industriais japonesas*. 4a Ed. Rev. São Paulo: Pioneira, 1993. 200p.
- 21 SCHONBERGER, Richard; SCHNIEDERJANS, Marc J. Reinventing inventory control. *Interfaces*, v.14, n.3, p.76-83, 1984.
- 22 SHINGO, Shigeo. *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Cambridge: Productivity Press, 1985. 367p.
- 23 SHINGO, Shigeo. *Non-stock production*. Cambridge: Productivity Press, 1988. 453p. Cap.2, p.39-42.
- 24 STALK, George. Time - the next source of competitive advantage. *Harvard Business Review*, p.41-51, Jul-Aug 1988.
- 25 WEISS, Elliott N. Lot sizing is dead: long life lot sizing. *Production and Inventory Management Journal*, v.31, n.1, p.76-79, 1990.
- 26 WOOLSEY, Gene. A requiem for the EOQ: an editorial. *Production and Inventory Management Journal*, p.68-72, 1988.

- 27 ZANGWILL, Willard I. The limits of japanese production theory. *Interfaces*, v.22, n.5, p.14-25, 1992.
- 28 ZANGWILL, Willard I. From EOQ towards ZI. *Management Science*, v.33, n.10, p.1209-1223, 1987.

ANEXOS

Anexo A. Terminologias e Nomenclatura

Apresentam-se aqui as definições e nomenclaturas utilizadas neste trabalho.

A.1.1. Definição de Tempo de Troca de Ferramentas Segundo Cada Autor

- **Shingo** (1985): ao se analisar um procedimento de preparação chega-se à conclusão de que ele se divide em quatro etapas:

- * Preparação de materiais e verificação de ferramentas e de seu correto funcionamento. (ocupa 30% do tempo total de preparação)
- * Remoção e montagem de ferramentas (5% do tempo)
- * Medições e calibrações, tais como pressão, temperatura, alinhamento, centragem, etc. (15% do tempo)
- * Ajustes e testes até que uma peça saia com qualidade para conseqüente entrada em produção. O tempo dispendido nesta etapa normalmente depende da habilidade e conhecimento de quem faz os ajustes e calibrações. Quanto mais precisas as medições na etapa anterior, mais fácil será a execução desta etapa. (ocupa 50% do tempo total de preparação).

- **Monden** (1984): não apresenta uma definição para a troca de ferramentas, mas percebe-se claramente a relação do seu texto com a metodologia de Shingo, o que leva a crer que ele usa a mesma definição.

- **Harmon e Peterson** (1991): "o tempo de preparação (*setup*) de máquina inclui o *setup* inicial e os ciclos subseqüentes de tentativas e erros, até a primeira peça boa ser produzida".

- **Hay** (1992): "o tempo de preparação é o tempo necessário para se ir de um bom produto para outro. Isto significa que o relógio começa a correr quando a última peça boa sai da máquina e continua marcando o tempo até que ela esteja novamente preparada para produzir peças boas. A parada da máquina, limpeza, acerto da nova função, ajuste do funcionamento correto, inspeção da primeira peça produzida e

padronização da velocidade, tudo isto está incluído no tempo de preparação para aquela operação."

- **Nakajima** (1989): o tempo de parada de máquina para *setup* e ajustes começa quando a produção de um produto é completada e termina quando uma qualidade padrão é atingida na produção de novo produto. Isto é, deve incluir o tempo requerido para remoção de ferramentas e fixadores de um produto, limpeza, preparação de ferramentas e fixadores para o próximo produto, remontagem do equipamento, ajuste do equipamento, corridas de teste e execução de ajustes posteriores (se necessários) e assim por diante, até que produtos com qualidade aceitável sejam continuamente produzidos.

- **Hall** (1983): o tempo de *setup* para cada processo é o tempo decorrido entre a produção da última peça do lote A e a produção da primeira peça boa do lote B. O *Setup* não está completo se o processo ainda gera sucata e tenta fazer produção.

A.1.2. As Etapas de Preparação Interna e Externa:

- **preparação interna:** Shingo (1985) chama de *internal exchange of die* (IED), Monden (1984) chama de preparação ou troca de ferramentas interna, Harmon & Peterson (1991) de *mainline*, Hay (1992) de trabalho interno, Nakajima (1989) chama de *internal setup* e Hall (1983) de *internal ou inside setup*.

- **preparação externa:** Shingo chama de *external ou outside exchange of die* (OED), Monden de troca de ferramentas externa, Harmon e Peterson de *offline*, Hay de trabalho externo, Nakajima de *external setup* e Hall de *external ou outside setup*.

- **atividade desnecessária:** este conceito é exposto somente por Harmon & Peterson (1991), e corresponde às atividades tanto internas quanto externas que são realizadas e que não contribuem à preparação, podendo ser eliminadas. Por exemplo: a busca de ferramentas na ferramentaria, que pode ser eliminada pela utilização de um kit de ferramentas.

A.1.3. Ferramentas, Dispositivos, Instrumentos, Chaves, Ferramental e Materiais

- **Ferramentas:** são os objetos que se destinam a processar, a transformar, a dar forma ao material e às peças, tais como matrizes, moldes, ferramentas de corte, estampas etc.

- **Dispositivos:** é tudo que pode ser solto da máquina, mas que, no momento em que esta está operando, fica preso à ela. Tem-se como exemplo parafusos de fixação, dispositivos de fixação de ferramentas e de peças etc.

- **Instrumentos:** tudo que é usado no auxílio ao *setup*, mas que não fica preso à máquina enquanto ela produz. São instrumentos de medição, calibres e outros, utilizados pelo operador.
- **Chaves:** são instrumentos necessários para realizar a troca de ferramentas, manipulados pelo operador. São as chaves de fenda, chaves allen, chaves de boca e outras tantas que existem.
- **Ferramental:** é um conjunto de instrumentos, dispositivos, chaves e ferramentas.
- **Material:** é o material que vai ser processado e transformado em produto.

A.2. Custo e Tempo de Preparação

O custo de preparação não é igual ao tempo de preparação. Eles têm uma certa relação, pois quanto maior o tempo de *setup* maior será o custo da máquina ficar parada, isto é, o custo da não-produção. O tempo de *setup* é o tempo decorrido desde a fabricação da última peça de um lote até a fabricação da primeira peça boa do lote seguinte.

O custo de *setup* inclui:

- o custo de não produção: é o custo do tempo perdido em preparações com relação ao número de peças que poderiam ser feitas neste período, isto é, peças que deixam de ser produzidas. Depende diretamente do tempo de preparação e do valor peça que se vai fabricar;
- o custo da má qualidade: sucata ou retrabalhos gerados durante o processo de ajuste e verificação dos parâmetros técnicos de fabricação, dentro do tempo de *setup*.
- o custo de mão-de-obra especializada: muitos equipamentos exigem pessoal especializado para realizar o *setup*. Este pode ser um pessoal que faz parte do corpo de funcionários da empresa, ou contratado especialmente para isto. No caso de funcionário da empresa, o custo deste pessoal é constante durante o tempo, pois eles estão presentes independentemente do fato de ocorrer *setup* ou não. No caso de pessoal contratado especialmente, seu custo pode vir a ser proporcional ao tempo de *setup*, dependendo do tipo de contrato que se tem.

Anexo B. Uma Tipologia de Artigos Referentes à Troca Rápida de Ferramentas

Shingo (1985) é sem dúvida expoente no estudo da redução de tempos de preparação com seu livro sobre SMED, que certamente é, ainda hoje, um dos mais completos e detalhados, abordando profundamente este tema.

Grande parte dos artigos pesquisados discute questões referentes ao conceito de Lote Econômico. É discutida sua aplicabilidade em ambientes não estáveis e suas relações com a redução de lotes de fabricação. Muitos afirmam que ele é erroneamente utilizado, que ele não inclui certos custos, levando a resultados incorretos, que causam o aumento de estoques. É bastante criticado pelos conhecedores da filosofia JIT/TQC.

Segue-se uma tipologia sucinta dos artigos consultados para este trabalho, que servirá de guia para aqueles interessados em algum tópico específico.

Porque JIT/TQC funciona? Esta é a pergunta que Crawford & Cox (1991) procuram responder. A resposta é que todos os elementos da filosofia JIT/TQC se destinam a eliminar, ou ao menos a reduzir, fontes de variabilidades do sistema produtivo. Estes elementos seriam: programação em níveis, redução de tamanho de lotes, comprometimento da administração, operários multifuncionais, manutenção preventiva, método de "puxar" a produção, melhorias de qualidade, modificação do *layout*, redução do tempo de preparação, atividades de pequenos grupos, envolvimento com fornecedores e organização do espaço de trabalho.

A necessidade de uma priorização de equipamentos para a implantação da Troca Rápida de Ferramentas e uma sinergia entre a Troca Rápida de Ferramentas (de acordo com a metodologia de Shingo) e a Teoria das Restrições (TOC), visando permitir a priorização de procedimentos, é apresentada por Antunes Jr. e Rodrigues (1993). A necessidade de priorização de um tipo de máquina ou processo para a realização da Troca Rápida de Ferramentas foi levemente abordada por Hay (1992), sendo um assunto que passa despercebido por todos outros autores. Pode-se supor que a redução gradual de estoques existente no JIT e apresentada por Schonberger (1993) como método de forçar o surgimento de uma necessidade, revele as prioridades a serem atacadas, mas nada garante que elas sejam realmente prioridades globais, e não locais.

A redução do tempo de preparação e a questão da capacidade é abordada por Narasimhan & Melnyk (1990). Eles tomam a redução do tempo de preparação como meio de aumentar a capacidade produtiva em um ambiente com situação de capacidade limitada. Apresentam um procedimento matemático que permite decidir

entre a expansão de capacidade e o ajuste à demanda. A expansão de capacidade pode ser obtida de diversas formas, tais como: de subcontratação, horas-extra ou compra de nova máquina. O ajuste de demanda é a liberação de capacidade de máquina para produção pela redução do tempo de preparação. Isto é, o tempo de *setup* reduzido não é utilizado para aumentar o número de preparações proporcionando maior flexibilidade, mas sim para aumentar a capacidade produtiva.

Karmarkar et alii (1985) mostram a interrelação entre o tamanho de lote e o *lead-time* (tempo de atravessamento) através de resultados compatíveis entre uma simulação e um modelo analítico de uma célula de manufatura. Os resultados mostram que há redução de *lead-time* até certo ponto, a partir do qual este tempo cresce assustadoramente, se houver redução do tamanho de lotes de fabricação e não houver redução dos tempos de preparação. Este comportamento é devido ao aumento de carga pelo aumento do número de preparações proporcionada pelo tamanho reduzido dos lotes de produção. Propõe-se que o modelo seja utilizado como base para redução e definição dos tamanhos de lote, sem investimento em qualquer outro ponto (redução dos tempos de preparação). Seria uma abordagem de cima para baixo, sem necessidade de grandes mudanças administrativas em sistemas existentes.

Dois artigos muito bons para o entendimento entre as principais diferenças de abordagem à manipulação de estoques entre Lote Econômico e JIT são os de Schonberger & Schniederjans (1984) e de D'Ouille et alii (1992). Os primeiros mostram que a abordagem ocidental tradicional é conviver com os problemas (variabilidades) do sistema, amortecendo seus efeitos com estoques, enquanto que a abordagem japonesa é de eliminação de variabilidades e redução de estoques, a fim de ganhar flexibilidade e agilidade para responder à demanda. Também mostram como os sistemas de custos japoneses e ocidentais se diferenciam. Os seguintes explicam bem o raciocínio que está por trás do Lote Econômico e do JIT, comparando-os com base na fórmula de custo total da soma de custos de estoque e de preparação, utilizada como ponto de saída para o cálculo do Lote Econômico, a mesma apresentada por F. W. Harris, pai do Lote Econômico, em 1915. A comparação leva à conclusão de que JIT procura sincronizar a produção com a demanda, o que faz cair drasticamente os estoques, levando seu custo próximo a zero.

As vantagens de se trabalhar sem estoques são bem apresentadas por Schonberger & Schniederjans (1984) e por Zangwill (1992).

Limitações da teoria de produção japonesa: Zangwill (1987, 1992) apresenta casos onde a redução de tempos de preparação leva a aumentos de estoques e de custos. Estes casos tem em comum um ambiente (estocástico ou determinístico) variável com o tempo. É um alerta para o futuro, onde os ambientes se tornarão mais

complexos e indeterminados (como os FMS). Em seu primeiro artigo ele mostra também que quanto maior for a redução de custos de preparação, mais o custo total reduz, e mais: reduz cada vez mais, de forma crescente. Isso indica que uma pequena redução na preparação não é justificável em termos financeiros, mas uma grande sim. Apresenta um algoritmo que mostra qual a redução do custo total em função da redução do custo de preparação.

Anexo C - A metodologia proposta

Abaixo está apresentada integralmente a metodologia de implantação de Troca Rápida de Ferramentas e algumas das técnicas possíveis para implantação propostas para a indústria de brinquedos apresentada no Capítulo 6:

"PROGRAMA DE *SETUP*"

Este programa é um programa geral que pode ser aplicado em qualquer setor da empresa, sendo que as modificações necessárias ocorrerão na escolha ou no desenvolvimento de técnicas mais adequadas para cada setor.

Este Programa de *SETUP* consiste de **sete passos** específicos, que têm a eles associadas várias **técnicas**, algumas **comportamentais** e **organizacionais**, que vão exigir mudanças na forma de trabalhar e na organização dos materiais, ferramentas e dispositivos, e outras **tecnológicas**, que exigem modificações em ferramentas, máquinas e dispositivos. Os sete passos são:

- ⇒ Primeiro: escolher e definir uma preparação a ser melhorada;
- ⇒ Segundo: escolher e definir uma equipe de trabalho;
- ⇒ Terceiro: diferenciar entre preparação interna e externa;
- ⇒ Quarto: garantir a execução de tarefas externas com a máquina trabalhando;
- ⇒ Quinto: converter preparações internas em externas;
- ⇒ Sexto: simplificar todas as etapas e tarefas das preparações, tanto internas quanto externas;
- ⇒ Sétimo: abolir a troca de ferramentas;

As técnicas comportamentais, organizacionais e operacionais para cada um destes sete passos são as seguintes:

- ⇒ Primeiro: Escolher uma Preparação a ser Melhorada:

Em termos de equipamento, deve-se escolher aquele que proporciona maior ganho à empresa, ou seja, uma máquina gargalo ou que trabalhe com os produtos mais rentáveis da empresa.

Em termos de preparação, deve-se escolher uma mais complicada, mais difícil de modificar, pois certamente ela conterà os passos de uma mais simples e, portanto, passos executados para esta preparação podem ser igualmente utilizados para melhorias em preparações mais simples;

⇒ Segundo: Escolher a Equipe de Trabalho:

A equipe se compõe de pessoas do setor de preparação de máquinas, apoiadas por pessoas da área técnica ou de engenharia. Devem ser pessoas que conheçam bem o processo escolhido na etapa anterior. Se faz necessária a presença de um líder ou moderador para dirigir as reuniões e que este tenha condições de superar algumas dificuldades políticas e administrativas que possam prejudicar o andamento dos trabalhos;

⇒ Terceiro: Diferenciar Entre Preparações Internas e Externas:

Preparação **Externa** consiste naquelas tarefas que podem ser realizadas com a máquina ainda produzindo.

Preparação **Interna** consiste naquelas tarefas que são realizadas com a máquina parada.

Para identificar estes dois tipos de tarefas existem **duas etapas**: conhecimento aprofundado do processo (base para análise) e análise do processo.

Para o conhecimento do processo e obtenção de base para análise, utiliza-se:

- entrevistas com os operadores;
- descrição de todos os passos necessários para a troca entre produtos (desde busca de materiais até término da regulagem);
- gravação em vídeo para análise do processo e para que os operadores vejam sua atuação após a troca de ferramentas e regulagens;
- cronometragem;

Para análise dos processos se apresenta uma proposta de "check-list". Este "check-list" compreende as duas séries de questões a seguir:

- uma primeira série de questões que levam a uma redução de tempos é:

- Quais preparações devem ser feitas antecipadamente?
 - Quais ferramentas devem estar à mão?
 - Ferramentas e dispositivos estão em boas condições?
 - Que tipo de área de trabalho é necessária?
 - Onde placas e matrizes devem ser colocadas após a troca? Como serão transportadas?
- uma segunda série de questões mais elaboradas e com uma seqüência metodológica é definida para questionamento de cada passo das operações de troca de ferramentas:

1. Quanto à efetividade das funções da operação

- Esta tarefa é necessária? Pode ser eliminada?
- Ela é repetida muitas vezes?

2. Quanto à efetividade do procedimento de trabalho (como as tarefas são executadas)

- Quais são os pontos principais do procedimento?
- Os procedimentos atuais são apropriados?
- Os procedimentos são estáveis? (são constantes, podem ser repetidos da mesma forma sempre?)
- Qual o grau de dificuldade dos procedimentos?
- Como podem ser melhorados?
- Podem ser padronizados?

3. Quanto à volução do procedimento de trabalho

- O procedimento atual é otimizado?
- A ordem de realização das tarefas deve ser modificada?
- Pode-se combinar algumas tarefas?
- Alguma função pode ser realizada simultaneamente?

4. Quanto à distribuição das tarefas

- a distribuição de tarefas é otimizada?
- o número de pessoas é adequado?

⇒ Quarto: Garantir a Execução de Atividades Externas com a Máquina em Operação:

- criar um roteiro de procedimentos para as tarefas externas e internas, distribuindo adequadamente as tarefas entre um número adequado de operadores;
- fazer um padrão técnico, incluindo nomes, especificações, pressões, temperaturas, etc.;
- criar manual de regulagens que explique os procedimentos e uma seqüência de regulagens;
- padronizar ferramentas: tentativa de minimizar a quantidade de ferramentas necessárias;
- formar Kits de ferramentas e materiais, o que permite rápido acesso e localização de ferramentas e evita que se utilizem materiais diferentes, não adequados (parafusos errados ou despadronizados, arruelas despadronizadas, etc.);
- melhorar e racionalizar os transportes de ferramentas, materiais e matrizes, armazenando-as junto a cada máquina. A armazenagem focalizada elimina perda de tempo na busca e localização de ferramentas, instrumentos, matéria prima e documentos;
- as empilhadeiras devem ter utilização programada para estarem disponíveis no momento da troca, e sempre que possível eliminar sua necessidade através de carrinhos, balcões e plataformas de rolamento no local;
- checar se não há algum dispositivo ou ferramenta estragada ou com mal funcionamento. Se houver algum estrago, este deve ser consertado antes de se entrar na fase de troca interna.
- fixar a lista de todas as trocas programadas para o próximo dia, com 12 horas de antecedência, isto é, aproximadamente ao meio-dia devem estar listadas lá no almoxarifado de matrizes todas as trocas do dia seguinte. Isto auxiliará na preparação dos trocadores, reguladores, moagem e também na programação da utilização da empilhadeira.

⇒ Quinto: Converter Preparações Internas em Externas

Neste momento, se reavalia as tarefas internas, verificando-se se é possível passar alguma preparação interna para externa. Nesta fase, há a necessidade de alterações físicas em ferramentas, dispositivos e máquinas. Baseia-se em:

a) Eliminar tentativa e erro (ajustes):

- para eliminar ajustes deve-se analisar seus propósitos, causas, métodos atuais utilizados e efetividade. Somente ajustes indispensáveis e inevitáveis devem permanecer (de preferência na etapa externa):

- Propósitos: posicionamento, centragem, calibração, temporização (ajuste de tempos em equipamentos), ajuste de pressões, de molas, etc.

- Causas de ajustes: falta de precisão do equipamento e de ferramentas, falta de rigidez no equipamento ou suportes, falta de padrões, falta de sistemas de medição, métodos de trabalho impróprios e ajustes inevitáveis (certos equipamentos exigem intervenção, a não ser que sejam redesenhados e modificados).

- Efetividade: análise das operações de ajuste através do seguinte questionamento:

Propósito - Qual função é aparentemente beneficiada com ajuste?

Razão - Porque o ajuste é necessário no momento?

Método - Como o ajuste é feito?

Causas - Que condições criam a necessidade de ajuste?

Alternativas - Quais melhorias eliminariam a necessidade de ajuste?

- melhorar os ajustes inevitáveis, que não podem ser eliminados:

- usar valores fixos sempre que possível;
- estabelecer padrão de execução dos ajustes;
- aumentar a habilidade dos operadores através da prática dos procedimentos;
- documentar e padronizar regulagens, definindo padrão de execução
- definir uma máquina para cada tipo de peça, desta forma eliminando variações de ajuste em diferentes máquinas;
- evitar ajustagem durante a preparação interna. Sempre que possível fixar valores constantes que possam ser selecionados facilmente por um só toque, sem ajuste por tentativa e erro;
- fixação de escalas numéricas nas máquinas;

- posicionamento correto por meio de calibres e batentes;
- dependendo do caso, é recomendável que linhas de centro e planos de referência fiquem visíveis ou invisíveis;

b) Padronização: a análise das origens dos ajustes ajuda a guiar a criação de padrões em ferramentas, dispositivos e máquinas:

- padronização de moldes, ferramentas e instrumentos: deve-se fazer análise seletiva de ferramentas mais utilizadas e que fabricam produtos de maior valor, para padronizá-las. Após a padronização deste conjunto de ferramentas e da máquina destinada a utilizá-las, parte-se para a padronização do conjunto seguinte, que fabrica outras peças de valor menor;
 - padronizar funções: se padroniza somente aquelas partes cujas funções são necessárias sob ponto de vista de troca de ferramentas. Deve ocorrer uma análise das funções de cada elemento e procurar alterar o mínimo de elementos quando for mudar de produto. Por exemplo, em um braço mecânico só deve ser alterada a garra, de acordo com o produto, e não o braço todo. A padronização de formas não é recomendada, pois ocorre desperdício de materiais devido ao tamanho por vezes desnecessário de ferramentas e matrizes, e com isto, aumento de custos;
 - padronizar somente as partes necessárias da máquina. Pode ser muito caro padronizar totalmente as ferramentas, portanto se padroniza somente a sua fixação;
 - fixar a base: eliminar ajuste local da ferramenta fixando seu suporte e padronizando as ferramentas;
- c) padronizar posicionamento e procurar usar autoposicionamento de peças e ferramentas;
- d) usar suportes padronizados e de "um toque", sem necessidade de ajuste de ferramentas;
- e) preparar as condições operacionais antecipadamente (pré-aquecer moldes, pré-posicionar materiais e matrizes, etc.);
- f) pré-montagens: montar partes durante a preparação externa e depois posicioná-las durante a etapa interna. Para isto deve-se utilizar ferramentas de fixação suplementar padronizadas (sobreplacas). Nelas serão fixadas as ferramentas principais na troca externa e depois esta ferramenta suplementar será fixada à máquina, ou seja, deve-se usar suportes intermediários nos quais

se pré-posiciona as ferramentas (passando a fase de ajustes para a etapa externa) e que tenham autoposicionamento na máquina;

⇒ Sexto: Simplificar Todas as Etapas e Tarefas das Preparações

- melhorias em armazenagem e transporte de ferramentas, dispositivos e materiais, buscando sempre reduzir o seu número e quantidades;
- otimizar o número de trabalhadores e a divisão das tarefas no caso de preparações complicadas. Os seguintes pontos devem ser observados:
 - Qual o número ótimo de trabalhadores para cada tarefa?
 - Como o trabalho deve ser distribuído?
 - Quais são as fases críticas? Podem ser reduzidas?
 - Como a força de trabalho pode ser usada mais efetivamente?
- utilizar prendedores e travas funcionais: prendedores de "uma volta" (furos em forma de pêra, arruelas em U, encaixes em U, etc.), prendedores de um movimento (cames, molas, pinos, cunhas, guias deslizantes, etc.) e sistemas de encaixe. Com estes dispositivos de posicionamento rápido procura-se eliminar atividades de afrouxar, remover, substituir e fixar;
- a utilização de ferramentas rápidas (em T ou L) reduz o tempo de acesso a elas para zero, já que estão fixas nos dispositivos (por exemplo, pode-se ter parafusos com haste em L soldada a ele);
- para a utilização destes sistemas de prendedores funcionais e ferramentas rápidas é necessária uma análise de magnitudes e direções das forças envolvidas, exigindo cálculos de projeto e engenharia;
- utilizar sistemas de troca em um único movimento, de preferência sem troca de dispositivo, mas apenas com setagem por rotação ou translação do dispositivo para o novo produto. Isto é, quando novo produto vai ser fabricado, desloca-se a ferramenta antiga posicionando-se a nova automaticamente;
- mecanização: somente utilizar este recurso após a aplicação de todos os outros já mencionados, pois se obtém maiores resultados e menor ineficiência ao mecanizar um processo já "enxugado", já melhorado. Usar sistemas mecanizados (pressão de óleo ou ar, elementos elétricos, etc.) para troca e fixação de ferramentas é uma opção cara que deve ser evitada ao máximo e utilizada somente em último caso;

⇒ Sétimo: abolir a troca de ferramentas

- usar o desenho do produto e mesmas peças para diferentes produtos, isto é, fazer uso da padronização de produtos;
- produzir diferentes peças ao mesmo tempo, em paralelo, o que exige maior número de máquinas. "